

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY

POUR OBTENIR

LE DIPLÔME D'INGÉNIEUR-DOCTEUR

PAR

Jean DUCELLIER

Première thèse

Contribution à l'étude des formations cristallines et métamorphiques du centre et du nord de la Haute-Volta

Deuxième thèse

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

soutenues publiquement le Janvier 1963 devant la commission d'examen

JURY

MM. ROUBAULT	Président
ROCCI	} Examineurs
HILLY	

PUBLIÉ DANS LES MÉMOIRES
DU BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

ÉDITIONS TECHNIP, 7 RUE NELATON - PARIS XV^e

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY

POUR OBTENIR

LE DIPLÔME D'INGÉNIEUR-DOCTEUR

PAR

Jean DUCELLIER

Première thèse

Contribution à l'étude des formations cristallines et métamorphiques du centre et du nord de la Haute-Volta

Deuxième thèse

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

soutenues publiquement le Janvier 1963 devant la commission d'examen

JURY

MM. ROUBAULT	Président
ROCCI	Examineurs
HILLY	

PUBLIÉ DANS LES MÉMOIRES
DU BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

ÉDITIONS TECHNIP, 7 RUE NELATON - PARIS XV^e

UNIVERSITÉ DE NANCY — FACULTÉ DES SCIENCES



Doyen : M. ROUBAULT

Assesseur : M. AUBRY

Doyens honoraires : MM. CORNUBERT, DELSARTE, URION

Professeurs honoraires : MM. GUTTON, CROZE, RAYBAUD, LAFFITTE, LERAY, JOLY, LAPORTE, EICHHORN, CAPELLE, GODEMENT, DUBREIL, L. SCHWARTZ, DIEUDONNÉ, de MALLEMANN, LONGCHAMBON, LETORT, DODE, GAUTHIER, GOUDET, OLMER, CORNUBERT, CHAPELLE, GUERIN, CHEVALIER.

Maîtres de conférences honoraires : MM. RAUX, LIENHART

PROFESSEURS

MM.

URION, Chimie biologique.
DELSARTE, Analyse supérieure.
ROUBAULT, Géologie.
VEILLET, Biologie animale.
ECHEVIN, Botanique.
BARRIOL, Chimie théorique.
BIZETTE, Physique.
GUILLIEN, Electronique.
GIBERT, Chimie physique.
HERVE, Calcul différentiel et intégral.
LEGRAS, Mécanique rationnelle.
DAVID, Chimie organique.
BOLFA, Minéralogie.
NICLAUSE, Chimie.
FAIVRE, Physique appliquée.
AUBRY, Chimie minérale.
DUVAL, Chimie.
COPPENS, Radiogéologie.
FRUHLING, Physique.

MM.

LIONS, M.M.P.
SUHNER, Physique expérimentale
HILLY, Géologie de la Lorraine.
LE GOFF, Génie chimique.
CHAPON, Chimie biologique.
HEROLD, Chimie industrielle.
SCHWARTZ, Exploitation minière.
GAYET, Physiologie.
MANGENOT, Phytopathologie.
MALAPRADE, Chimie.
HADNI, Physique.
DELAMARE-DEBOUDEVILLE, Zoologie.
BONVALET, Mécanique physique.
Mme ROIZEN, Physique.
KERN, Minéralogie.
BASTICK, Chimie.
DUCHAUFOUR, Pédologie.
NÉEL, Chimie ind. organique.

MAITRES DE CONFÉRENCES

MM.

WERNER, Botanique.
GARNIER, Agronomie.
REGNIER, Physico-chimie.
WEPPE, Minéralogie appliquée.
BERNARD, Géologie.
CONDE, Zoologie.
GOSSE, Génie chimique.
CHAMPIER, Physique.
GAY, Chimie biologique.
ROCCI, Géologie.
VUILLAUME, Psychophysiologie.
PLAN, Mécanique physique.

MM.

Mme BASTICK, Chimie M.P.C. (Epinal).
GUDEFIN, Physique.
MARI, Chimie (I.S.I.N.).
LAFON, Physique (I.S.I.N.).
HORN, Physique.
EYMARD, Math. (propédeutique).
CERF, Mathématiques générales.
FRENTZ, Biologie animale.
Mme HERVE, Math. (propédeutique).
AUROUZE, Paléontologie.
FELDEN, Physique M.P.C. (Epinal).
DANYSZ, Mécanique physique (I.S.I.N.).

Secrétaire Principal : M. CARON

A la mémoire de Marco LORÉTAN

C'est avec une profonde émotion que je dédie ce mémoire au souvenir de mon collègue et ami M. Lorétan dont j'ai pu apprécier l'amabilité et la compétence lors du trop bref séjour qu'il fit en Haute-Volta.

Après avoir été assistant à la Faculté des sciences de Lausanne, puis géologue du Bureau Minier Guyanais, M. Lorétan arrivait à Dakar au printemps 1958. Désireux d'utiliser au mieux ses compétences en géologie minière, le Conseiller à la Géologie et à la Prospection Minière le chargeait d'organiser une mission de prospection couvrant environ la moitié de la Haute-Volta.

Ayant cinq équipes de prospection sous ses ordres, M. Lorétan aurait souhaité s'installer à Ouagadougou, mais, faute de logement, il dut se baser à Ouahigouya. C'est là que j'ai fait sa connaissance, à l'automne 1958, alors que je m'apprêtais à reprendre le levé de carte dans la région de Djibo. J'ai été aussitôt séduit à la fois par l'aimable accueil de M. et Mme Lorétan et par l'intérêt passionné qu'il portait à toutes les questions concernant la recherche géologique et minière.

Je n'ai malheureusement pas eu souvent l'occasion de le revoir pendant ces deux ans, mais, dès 1959, il me parlait avec enthousiasme du prochain séjour qu'il comptait faire au Groenland : grâce à l'érosion glaciaire et à la rareté de la végétation, ce pays présente de magnifiques affleurements que les longues journées de l'été boréal permettent d'étudier tout à loisir.

Au printemps 1960, se sachant déjà atteint par la cruelle maladie qui devait l'emporter, il passa une partie de son congé à visiter de nombreuses mines de la région méditerranéenne, puis, faisant honneur à sa signature, il partit exécuter son contrat au Groenland où une mort trop rapide ne lui permit pas d'ajouter son nom à ceux des pionniers de la géologie scandinave.

Que Madame Lorétan, et ses enfants trouvent ici l'expression de toute ma sympathie.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555808_0039

SOMMAIRE

(La table des matières complète est insérée à la fin du volume)

Resumé, abstract, resumo, Zusammenfassung	IX
INTRODUCTION	I
Situation et limites de la région étudiée.....	I
Généralités	I
Travail sur le terrain.....	I
Travail de laboratoire.....	5
Aperçu géographique de la région	6
Géographie physique.....	6
Géographie humaine.....	17
Cartographie.....	24
APERÇU GÉOLOGIQUE	29
Province Birrimienne	29
Historique de l'étude géologique de la province Birrimienne.....	30
Haute-Volta	32
Travaux géologiques antérieurs.....	32
Aperçu des formations géologiques de la région étudiée	36
Les formations sédimentaires.....	37
Le socle.....	45
Mesures d'anomalie gravimétrique	48
LES FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES	63
Description	63
Groupe de Riziam	63
Série de Banga	71
Série de Tourcoingbam.....	72
Série de l'Oudalan oriental.....	73
Groupe de Dacula	73
Tectonique	85
Etude chimico-minéralogique	87
Généralités	87
Schistes argileux et tufacés	93
Interprétations	102
Étude des faciès	103
Origine et histoire des roches métamorphiques.....	117
Modifications subies par les roches au cours du métamorphisme.....	124
Age des formations métamorphiques.....	133

LES ROCHES CRISTALLINES	137
Description	137
Les roches calco-alcalines.....	137
I. Les granites « baoulés ».....	138
II. Les granites en massifs circonscrits.....	147
III. Les roches microgrenues.....	153
Les roches alcalines	155
Les plagioclasmolites.....	163
Déformation des roches cristallines.....	165
Interprétations	167
Relations des roches cristallines avec les phénomènes tectoniques.....	167
Age des roches cristallines.....	168
Profondeur de la mise en place.....	172
Comparaison avec les roches cristallines du Ghana	172
GÉOLOGIE APPLIQUÉE	175
Les filons	175
Minéralisation	176
Conclusions	185
Substances utiles diverses.....	186
CONCLUSION	189
Histoire géologique de la région.....	189
Principaux éléments nouveaux fournis par cette étude	191
Annexe	
ÉTUDE CHIMICO-MINÉRALOGIQUE	193
Formations métamorphiques.....	193
Groupe de Riziam.....	193
Série de Bamga.....	199
Séries de Tourcoingbam et de l'Oudalan oriental.....	201
Groupe de Dacula.....	202
Roches cristallines.....	216
Roches calco-alcalines.....	216
Roches alcalines.....	249
Plagioclasmolites	273
BIBLIOGRAPHIE	285
INDEX ALPHABÉTIQUE DES LIEUX CITÉS	293
GLOSSAIRE	301
EN POCHETTE ANNEXE : PLANCHES I A VIII ET CARTES.	

Résumé

La région décrite couvre environ 90 000 km², au centre et au nord de la Haute-Volta. Après un aperçu géographique, la géologie régionale est située dans le contexte de l'étude de la province birrimienne. On distingue :

1^o **des roches métamorphiques** comprenant essentiellement des *formations assimilées au Système Birrimien* (Précambrien moyen) du Ghana :

a) un groupe de Riziam : schistes argileux et tufacés, schistes micacés et chloriteux, quartzites, tufs et grauweekes arénacées, avec quelques calcochloritoschistes;

b) un groupe de Dacula : roches basiques métamorphisées, amphiboloschistes et amphibolites plagioclasiques.

Ces deux groupes semblent en partie contemporains et interstratifiés, et aucune corrélation n'est établie avec le Birrimien Inférieur et le Birrimien Supérieur.

La *tectonique* de ces formations est mal connue car, le plus souvent, la schistosité est seule observable, le pendage de la stratification n'est pas visible.

Quelques *formations* de faible extension, présumées *non birrimiennes*, sont réparties en :

série de Banga (gneiss) : Archéen?

série de Tourcoingbam (grès-quartzites) : Infracambrien?

série de l'Oudalan oriental (grès-quartzites et conglomérats) : Tarkwaïen (Précambrien supérieur)?

2^o **des roches cristallines** divisées en trois grands chapitres :

a) des *roches calco-alcalines* parmi lesquelles ont été distingués les deux types granitiques classiques du Précambrien de l'Ouest africain : *granites baoulés*, à gisement concordant, souvent hétérogènes ou migmatitiques, analogues au « type Cape Coast »; *granites en massifs circonscrits*, souvent plus homogènes, non orientés et présumés post-tectoniques, analogues au « granite de Dixcove »;

b) des *roches alcalines*, granites et syénites, présumées plus récentes que les précédentes; elles constituent d'assez nombreux petits massifs où aucune structure annulaire n'a été observée.

c) des *plagioclases*, gabbros et dolérites, qui se présentent en sills, dykes ou massifs et semblent plus récentes (post-tarkwaïennes ou intra-paléozoïques).

3^o **des roches sédimentaires** comprenant :

a) sur la bordure nord, un *Système Nigérien*, d'âge présumé *infracambrien*, où l'on distingue essentiellement, de haut en bas :

iv) la série gréseuse de Hombori-Douentza;

iii) la série dolomitique d'Irma; les schistes de Guiri, d'Ydouban et d'Yassane;

ii) les grès glauconieux de Koutaka;

i) les grès de Diouroum et de Firgoun, avec passées conglomératiques et, localement, conglomérat de base;

b) des *formations cénozoïques* : « Continental terminal », latérite, dunes, alluvions.

Mis à part les minerais de fer, généralement latéritiques, qui étaient autrefois exploités par les habitants, les **recherches de substances minérales utiles** n'ont pas, jusqu'à présent, conduit à la découverte de gisements exploitables. Signalons cependant :

i) du minerai de fer riche, en amas dans des gabbros, dans le canton d'Aribinnda et le nord de l'Oudalan;

ii) des *schistes manganésifères* et des *gondites* altérées dans le groupe de Riziam;

iii) de beaux indices de *graphite* entre Korsimogho et Ouahigouya;

iv) des affleurements de *bauxite* dans les cantons de Riziam, de Mané et de Kaya;

v) des indices d'*or* alluvionnaire, surtout dans le cercle de Kaya, mais les tonnages sont très faibles;

vi) les recherches sur les *pegmatites* dans le sud du Ganzourgou n'ont permis de découvrir qu'un indice de colombotantalite en roche, mais la monazite est abondante dans les concentrés d'alluvions, alors que la cassitérite est fréquente mais peu abondante.

L'étude **chimico-minéralogique** de 72 échantillons de roches métamorphiques et cristallines constitue la dernière partie du mémoire.

Abstract

The area described covers about 35,000 square miles, in the middle and northern parts of Upper Volta. After a geographical outline, the geological position of the area within the Birrimian province is described. Petrographically three kinds of rocks are distinguished:

1° **Metamorphic rocks** essentially made up of two following *formations, assimilated to the Birrimian System* (middle Precambrian) of Ghana:

a) A "Riziam group": shales and tuffaceous schists, mica and chlorite schists, quartzites, tuffs and arenaceous graywackes, and several chlorite calcschists;

b) A "Dacola group": metamorphosed basic rocks, amphibolite schists and plagioclastic amphibolites.

These two groups appear partially contemporaneous and interstratified, and no correlation is made with Lower and Upper Birrimian.

The *tectonics* of these formations is not well known, for, in most cases, only schistosity is visible, the stratification dip is unobservable.

A few localised probably *non Birrimian formations* are divided as follows:

"Bamga series" (gneisses) : Archaean?

"Tourcoingbam series" (quartzitic sandstones) : Infracambrian?

"Eastern Oudalan series" (quartzitic sandstones and conglomerates) : Tarkwaian (Upper Precambrian)?

2° **Crystalline rocks**, which are divided in three large groups:

a) *Calco-alkaline rocks*, in which the two classical granitic types of the Western African Precambrian were distinguished :

The concordant, often heterogeneous or migmatitic *granites baoulés*, e. g. Cape Coast and Winneba granites;

The unoriented, often more homogeneous and supposed post tectonical *granites in circumscribed massives*, e. g. Dixcove granite;

b) *Alkaline rocks*, granites and syenites, probably younger than those just mentioned; they constitute rather numerous little massives in which no ring-structure is observed;

c) *Plagioclases*, gabbros and dolerites, which appear as sills, dykes or massives, and are probably younger (post-Tarkwaian or intra-Paleozoic).

3° **Sedimentary rocks** amongst which there are :

a) On the Northern border of the shelf, a *Nigerian System*, of probable *Infracambrian* age in which are essentially distinguished, from top to bottom:

iv) the Hombori-Douentza sandstone series,

iii) the Irma dolomitic series; the Guiri, Ydouban and Yassane shales,

ii) the Koutaka glauconitic sandstones,

i) the Diouroum and Firgoun sandstones, with some discontinuous conglomeritic layers and locally basal conglomerate.

b) *Cainozoic formations* : "Continental terminal", latérites, dunes and alluvia.

Economic geology

Beside the generally lateritic iron ores which formerly were worked by the natives, prospecting has not, as yet, resulted in the discovery of a workable deposit. However, there exists:

i) good grade *iron* ore masses in gabbros (Aribinnda county and Northern Oudalan),

ii) *manganesiferous shales* and altered gondites in the Riziam group,

iii) fair *graphite* occurrences between Korsimogho and Ouahigouya,

iv) *bauxite* outcrops in Riziam, Mané and Kaya counties,

v) *alluvial gold*, especially in the Kayan district, but the tonnages are very small,

vi) the prospecting of *pegmatite* outcrops in Southern Ganzourgou has resulted in the discovery of only one columbo-tantalite occurrence in the rock, but monazite is plentiful in the alluvial concentrates, whereas cassiterite is frequent but scanty.

The **chemico-mineralogical study** of 72 metamorphic and crystalline rock samples constitutes the last part of the thesis.

Resumo

A região descrita cobre cerca de 90 000 km², no centro e no norte da República de Haute-Volta. Depois de alguns dados geográficos, este estudo põe a geologia regional no contexto geológico da província birrimiana. Temos :

1º **Rochas metamórficas** compreendo essencialmente *formações assimiladas ao Sistema Birrimiano* (Precambriano medio) do Ghana :

a) um grupo de Riziam : xistos argilosos e tufaceos, xistos micaceos e cloríticos, quartzitos, tufo e grauwackes arenosos com alguns cloritoxistos;

b) um grupo de Dacola : rochas básicas metamorfoasadas, anfiboloxistos e anfibolitas plagioclásicas.

Ambos grupos parecem em parte contemporâneos e interestratificados e não se pode estabelecer correlação com o Birrimiano Inferior e o Birrimiano Superior.

A tectónica destes formações não se sabe bem pois, geralmente só a xistosidade pode ver-se, não sendo visível o mergulho das camadas.

Algumas *formações* de pouca extensão, que supõe-se *não serem birrimianas*, estão repartidas em :

Série de Bamga (gnaiss) : Arqueano?

Série de Tourcoingbam (arenitos-quartzitos) : Infracambriano?

Série do Oudalan oriental (arenitos-quartzitos e conglomerados) : Tarkwaiano (Precambriano superior)?

2º **rochas cristalinas** divididas em tres grandes capítulos :

a) *rochas calco-alcalinas* nas quais encontram-se os dois tipos clássicos do Precambriano do Oeste africano: *granitos «baoulés»*, concordantes, muitas vezes heterógenos o migmatíticos, parecidos ao « tipo Cape Coast » ; *granitos en maciços circumscritos* muitas vezes mas homógenos, não orientados e provavelmente post-tectónicos, parecidos ao « granito de Dixcove »;

b) *rochas alcalinas*, granitos e syenitas, provavelmente mais recentes do que as precedentes; constituem pequenos maciços bastante numerosos onde observou-se nenhuma estrutura annular;

c) *plagioclasolitas*, gabbros e doleritas que apresentam-se em sills, diques o maciços e parecem mais recentes (post-tarkwaianas o paleozoicas).

3º **rochas sedimentosas** compreendo :

a) no norte, um *Sistema Nigeriano*, de idade suposta *infracambriano*, que pode dividir-se essencialmente, de alto para baixo em:

iv) a série arenosa de Hombori-Douentza

iii) a série dolomítica de Irma; os xistos de Guiri, de Ydouban e de Yassane

ii) os arenitos glauconíticos de Koutaka

i) os arenitos de Diouroum e de Firgoun, com níveis conglomeráticos descontínuos e, localmente, conglomerado basal.

b) *formações cenozóicas*: « Continental terminal », laterita, dunas, aluviões.

Posto de lado os minérios de ferro, geralmente lateríticos, que eram antigamente lavrados por los indigenas, **as pesquisas de substâncias minerais úteis** não conduziram, até hoje, à descoberta de jazigos explotaveis. Assignalamos comtudo:

i) minério de ferro rico em amas nos gabbros na região d'Aribinda e no norte do Oudalan,

ii) *xistos manganíferos* e gonditas alteradas no grupo de Riziam

iii) boas ocorrências de *grafita* entre Korsimogho e Ouahigouya

iv) afloramentos de *bauxita* nas regiões de Riziam, de Mané e de Kaya

v) indícios de *ouro* em aluviões, sobretudo na província de Kaya, porem as tonelagens são muito fracas

vi) as pesquisas sobre las *pegmatitas* no sul de Ganzourgou permitiram descobrir sómente un indício de columbotantalita em rocha, porem a monazita é abundante nos concentrados de bateia, em lugar que a cassiterita é frequente porem pouco abundante.

O estudo químico-mineralógico de 72 amostras de rochas metamórficas e cristalinas constitue a ultima parte deste boletim.

Zusammenfassung

Das etwa 90 000 qkm grosse Untersuchungsgebiet liegt in der Mitte und im Norden der westafrikanischen Republik Ober-Volta.

Nach einer geographischen Einführung, wird die regionale Geologie beschrieben. Ihre wesentlichen Elemente werden durch ihre Zugehörigkeit zur *Birimien-Provinz* bestimmt.

Es werden unterschieden :

1° **Metamorphe Gesteine** : sie werden zum grössten Teil dem *Birimien-System* von Ghana (mittleres Präkambrium) gleichgestellt. Im einzelnen unterscheidet man darin :

a) die *Riziam-Gruppe*: Ton-, Tuff-, Glimmer- und Chloritschiefer, Quartzite, Tuffe, sandige Grauwacken, sowie Kalk-Chloritschiefer.

b) die *Dacula-Gruppe* : metamorphe basische Gesteine, Amphibolschiefer und plagioklashaltige Amphibolite.

Die beiden Gruppen scheinen zum Teil gleichaltrig und ineinander eingelagert zu sein. Eine Beziehung zum *Unteren* oder *Oberen Birimien* konnte nicht festgestellt werden.

Die *Tektonik* dieser Gesteine ist kaum bekannt : im allgemeinen kann nur die Schieferung beobachtet werden, während Schichtstreichen und -fallen nicht erkennbar sind.

Einige kleinere Gebilde, die vermutlich *nicht ins Birimien* gehören, werden wie folgt aufgeteilt :

a) *Bamga-Serie* (Gneise) : Archaikum?

b) *Tourcoingbam-Serie* (Quartzit-Sandsteine) : Infrakambrium?

c) *Ost-Oudalan-Serie* (Quartzit-Sandsteine und Konglomerate) : *Tarkwaïen* (Oberes Präkambrium)?

2° **Kristalline Gesteine** : sie werden in drei Gruppen untergeteilt :

a) die *kalk-alkalinischen Gesteine*, bei denen die beiden klassischen Granittypen des westafrikanischen Präkambriums unterschieden wurden. Erstens die (an der Elfenbeinküste definierten) *granites baoulés*; sie sind in ihren Begrenzungen konkordant, jedoch oft heterogener Zusammensetzung oder migmatisiert; sie entsprechen dem in Ghana definierten *Cape Coast Granit*. — Zweitens die *granites en massifs circoscrits*, die in scharf umrissenen, meist runden Massiven erscheinen, häufig sehr homogen ausgebildet sind und keine Orientierung besitzen; sie werden als post-tektonisch angesehen. Sie entsprechen dem *Dixcove Granit* der englischen Literatur.

b) die *Alkali-Gesteine* : das sind Granite und Syenite, die als jünger angesehen werden als die oben genannten. Sie bilden zahlreiche kleine Massive, in denen jedoch keinerlei Ringstrukturen beobachtet wurden.

c) die *Plagioklasite* : Gabbros und Dolerite, die als *Sill*, *Dyke* oder in *Massiven* auftreten. Sie scheinen jünger zu sein (*post-tarkwaïen* oder *intra-paläozoisch*).

3° Die **Sedimentgesteine** umfassen :

a) an der Nordgrenze des Untersuchungsgebietes das vermutlich infrakambrische *Niger-System*, das im wesentlichen wie folgt untergeteilt wird (von oben nach unten) :

IV - Sandsteine von *Hombori-Douentza*

III - Dolomitische Serie von *Irma*; Tonschiefer von *Guiri*, *Ydouban* und *Yassane*

II - Glaukonitsandsteine von *Koutaka*

I - Sandsteine von *Diouroum* und *Firgoun* mit konglomeratischen Einschaltungen und einem örtlich auftretenden Basiskonglomerat.

b) känozoische Ablagerungen: das *Continental terminal*, Laterit, Dünen und alluviale Ablagerungen.

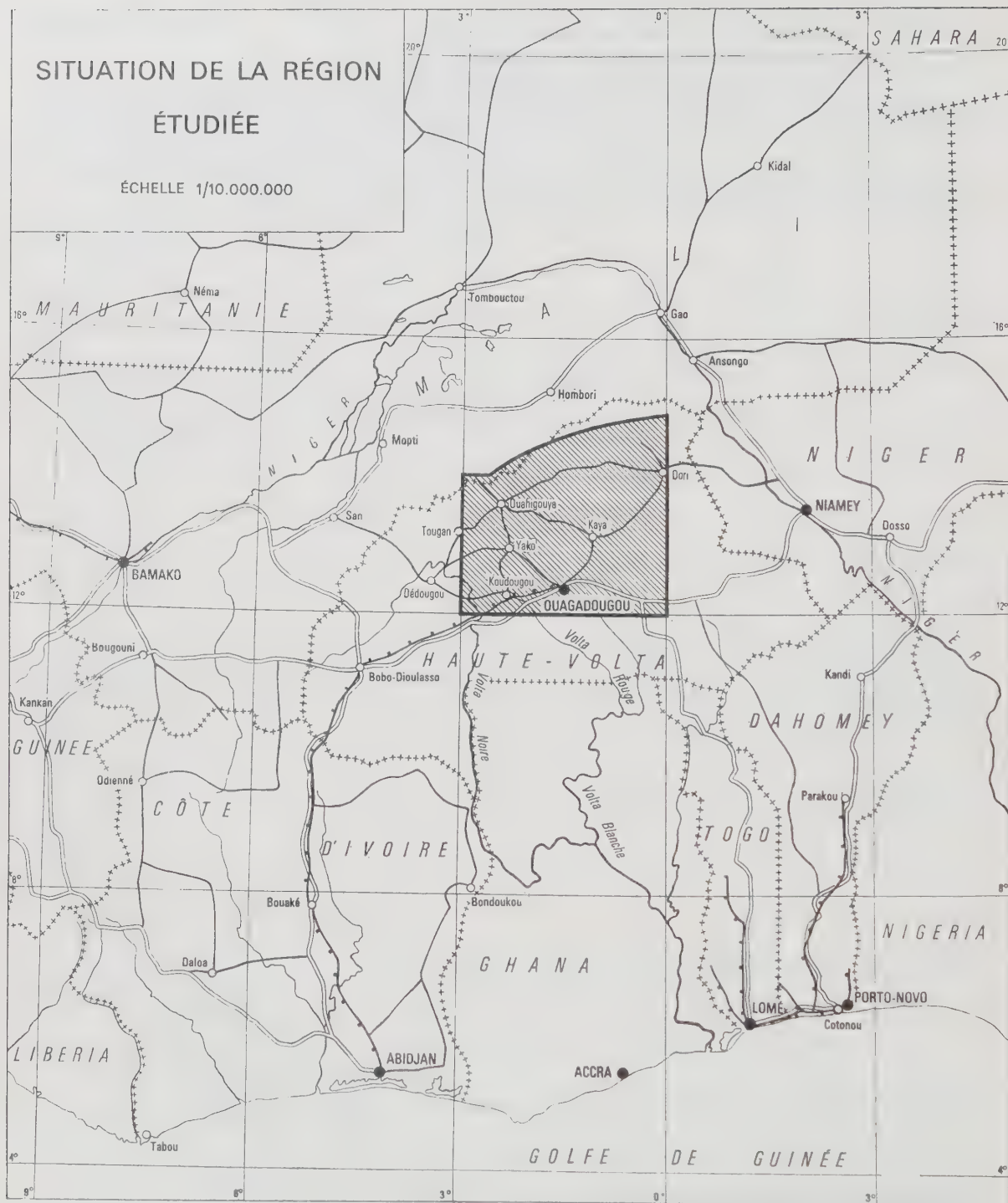
Die Suche nach **nutzbaren Mineralstoffen** hat — abgesehen von den meist lateritischen Eisenerzen, die früher von den Eingeborenen abgebaut wurden — bisher noch nicht zur Entdeckung einer bauwürdigen Lagerstätte geführt. Es werden jedoch folgende Fundpunkte genannt :

I - hochprozentiges Eisenerz als Anreicherung in Gabbros im Kanton *Aribinnda* und im nördlichen Teil des *Oudalan*

II - manganhaltige Schiefer und verwitterte Gondite in der *Riziam-Gruppe*

- III - grössere Graphitanzeichen zwischen *Korsimogho* und *Ouahigouya*
- IV - Bauxitaufschlüsse in den Kantonen *Riziam*, *Mané* und *Kaya*
- V - Seifengold, besonders im Bezirk *Kaya*; die Vorräte sind jedoch gering
- VI - die Untersuchung der Pegmatite im südlichen *Ganzourgou* führte an einer Stell zur Entdeckung von Kolumbo-Tantalitspuren im festen Gestein. Die Konzentrate der umgebenden Alluvionen führen reichlich Monazit, während Zinnstein zwar häufig, aber nur in geringen Mengen auftritt.

Die Arbeit wird abgeschlossen durch eine **chemisch-mineralogische Untersuchung** von 72 Gesteinsproben aus den vorher beschriebenen metamorphen und kristallinen Serien.



INTRODUCTION

Situation et limites de la région étudiée

Au début 1949, la Direction des Mines de l'A.O.F. m'a chargé de lever la carte géologique de reconnaissance au 1/500 000 (feuille Ouagadougou) et de faire une prospection sommaire dans la même région. La moitié-ouest a été levée la première ; la moitié est n'a été commencée qu'en 1953. A partir de janvier 1957, j'ai été amené à compléter les levés de J. DELORME dans la partie précambrienne de la feuille Hombori.

La région étudiée est donc limitée :

Au Sud par le parallèle 12°;

A l'Est par le méridien 0° de Greenwich;

A l'Ouest par le méridien 3°;

Au Nord par la limite du recouvrement sédimentaire.

L'ensemble couvre environ 90 000 km².

GÉNÉRALITÉS

Travail sur le terrain

Dates.

La saison sèche, de novembre à mai, est la plus favorable à la circulation et au levé de carte. On peut aussi travailler certaines années en juin et octobre. Quant à la prospection, la nécessité d'avoir de l'eau oblige à la faire en juin-juillet et du 15 septembre à fin octobre.

Compte tenu de ces impératifs météorologiques et du temps passé en congé ou au service militaire, le travail a été réparti comme suit :

	<i>Levé de carte</i>	<i>Prospection</i>
1949.....	février à juin novembre - décembre	1 ^{er} au 15 juillet octobre
1950.....	janvier à juin novembre - décembre	1 ^{er} au 15 juillet octobre
1953.....	janvier à juin 15 au 30 septembre 15 novembre à fin décembre	1 ^{er} octobre au 15 novembre
1954.....	janvier à juin décembre	novembre
1955.....	janvier - février	
1956.....	janvier à avril	
1957.....	janvier à juin	
1958.....	novembre - décembre	
1959.....	janvier à avril et décembre	
1960.....	janvier - février	

Le levé systématique de la feuille Ouagadougou au 1/500 000 était pratiquement terminé en 1956; des levés de détail, au 1/50 000 ont été effectués en 1957 dans les cercles de Dori, Kaya, Ténado et Yako, et en 1959 dans les cercles de Kongoussi et de Kaya. Le levé systématique de la partie cristalline de la feuille Hombori au 1/500 000 a été commencé en 1957 et terminé en 1960. La prospection sommaire a été effectuée jusqu'en 1954 par l'auteur; en octobre-novembre 1956 par D. BELPAUME, prospecteur. Enfin, de 1958 à 1960, une mission comprenant plusieurs prospecteurs et ayant à sa tête le géologue M. LORÉTAN a été établie à demeure en Haute-Volta.

Moyens matériels mis à la disposition de la mission.

De 1949 à 1954, le parc automobile du Service de Géologie et de Prospection Minière n'étant pas très riche en véhicules « tout terrain », ceux-ci ont été réservés, de préférence, aux géologues travaillant dans les régions désertiques ou d'accès difficile, ce qui n'est pas le cas du centre de la Haute-Volta.

En 1949 et 1950, je disposais d'un 2 t Citroën assez fatigué, en outre une jeep m'a été affectée en octobre 1950. A partir de décembre 1952 j'ai disposé d'un 2,5 t Renault, plus robuste que le véhicule précédent; une nouvelle jeep m'a été envoyée en novembre 1953. Ces deux véhicules m'ont permis de travailler jusqu'en 1957. J'ai disposé en outre d'une bicyclette, depuis janvier 1950, ce qui m'a été fort utile.

Enfin, à partir de 1958, deux power-wagons m'ont permis de circuler en « tout terrain » dans la feuille Hombori.

Méthode de travail.

Au Sud de Dori (entre Bamga et Bani), dans le Sud des cercles de Kaya, Kongoussi et Yako, et dans les cantons de Réo et de Pouny, les affleurements sont suffisamment nombreux pour qu'on puisse s'efforcer de suivre sur le terrain les différentes formations géologiques. Ces régions ont été levées au 1/50 000.

Partout ailleurs, la discontinuité des affleurements ne permettant pas de suivre sur le terrain le contact entre les diverses formations, il a été nécessaire de procéder par itinéraires, en observant les affleurements et, le cas échéant, les déblais des puits.

Les levés au 1/500 000 ont nécessité un total d'environ 18 000 km d'itinéraires dont 6 300 en jeep ou en power-wagon, 10 000 à bicyclette et 1 700 à pied. L'ensemble forme un réseau à maille moyenne de 10 km. Cependant les itinéraires sont plus serrés dans les régions où les affleurements sont nombreux et variés, plus lâches dans les régions uniformément granitiques ou dépourvues d'affleurements.

Les itinéraires de détail ne sont pas compris dans ce total.

Quelques itinéraires à pied, avec des porteurs, ou en véhicule, ont été faits par étapes, en pliant bagages chaque matin, et en installant un nouveau campement chaque soir, mais cette méthode représente une grosse perte de temps et des fatigues inutiles, aussi la plupart du temps, il a semblé préférable de s'installer pour plusieurs jours à une base et de faire des itinéraires rayonnants. En bouclant au point de départ ou en un autre point accessible par camion, il est possible de supprimer presque complètement le portage.

Ne pouvant espérer que mes itinéraires me conduiraient inmanquablement sur les affleurements, je me suis efforcé, le plus souvent possible, d'obtenir des renseignements de la population. Au Nord du 14° parallèle, on peut assez facilement trouver un guide connaissant une région de 40 à 50 km de rayon, quelquefois plus. En particulier, dans l'Oudalan, j'ai profité des connaissances d'un garde républicain nomade, Alassane MOHAMMEDI, que le capitaine ANROCHTE, chef de subdivision, a mis obligeamment à ma disposition.

Au Sud du 14° parallèle, la majorité des habitants ne se déplacent qu'à une faible distance de leurs villages, ou pour aller au marché voisin ou au chef-lieu; aussi leur connaissance du pays est-elle insuffisante pour le géologue. En outre, beaucoup de gens ne parlent pas volontiers. Même en mettant à part les questions de bois sacrés et de granites sacrés, fréquentes chez les Dogons et chez les Gourounsi, la plupart des Mossis hésitent à donner des renseignements lorsqu'ils n'y trouvent pas un intérêt immédiat, même pour des questions aussi innocentes que la présence ou l'absence d'affleurements dans la région, ou la direction à suivre pour aller à tel endroit. J'ai souvent vu, dans l'Yatenga, des gens s'enfuir pour ne pas avoir à me renseigner.

Les seuls bons renseignements que j'ai obtenus sont dûs à l'obligeance de quelques grands chefs mossis ou gourounsi. Ce sont les chefs de Tioû, Poa, Kokologo, Binngo, Lallé, Conquistenga, Nanogho (cercle de Koudougou), Réo, Didir (cercle de Ténado), Dacula, Ramessoum, la Titan (cercle d'Yako), Boussou, Rassam (Yatenga) Zorgho (Ganzourgou), Mané et Imiougu (cercle de Kaya) qui m'ont le plus aidé dans mon travail et je les en remercie.

En l'absence d'affleurements en nombre suffisant, les puits m'ont fourni peu d'indications : la plupart des puits indigènes tirent l'eau d'une nappe sous-latéritique (dans le Sud et l'Ouest) ou alluviale (dans le Nord et l'Est); les autres n'atteignent que rarement la roche saine, mais on peut souvent distinguer l'arène granitique d'un faciès d'altération de roche basique. Les puits administratifs, souvent plus profonds, sont généralement cimentés, et l'on n'a conservé aucun document sur la coupe géologique des terrains traversés.

Temps passé au levé de carte.

Au total, le levé de carte (à l'exclusion de la prospection) a nécessité 51 mois passés sur le terrain. L'utilisation de véhicules tout terrain dès 1949 (avec un mécanicien compétent chargé de les entretenir) aurait permis de réduire notablement ce délai. En outre, le levé serait beaucoup plus rapide si trois itinéraires différents étaient simultanément parcourus par le géologue et par deux aides-géologues qui se retrouveraient chaque jour à l'étalage, le géologue étant, naturellement, seul responsable de l'interprétation.

Il aurait été souhaitable également que les travaux des différents services du Gouvernement Général de l'A.O.F. fussent coordonnés entre eux et que le levé de la carte géologique de reconnaissance fit partie d'un plan d'ensemble de mise en valeur du pays. Dans la pratique, il en fut tout autrement. C'est ainsi qu'en Haute-Volta, comme presque partout ailleurs, les géographes sont arrivés quand les géologues finissaient leurs travaux; ceux-ci ont donc perdu un temps appréciable à faire de la topographie en plus de la géologie. Je ne crois pas exagérer en estimant qu'une bonne organisation aurait permis d'achever en 1955 ou en 1956 l'ensemble des travaux que je présente aujourd'hui.

Campements.

Il existe environ trois cents campements dans la région étudiée. Leur espacement moyen est de 10 km dans les cercles très peuplés (Ténado, Koudougou, Yako), 13 km (Koupèla), 15 km (Ouagadougou), 17 à 18 km (Kaya, Boulsa, Fada Ngourma, Bogandé), plus de 20 km dans les cercles d'Ouahigouya, Tougan, Kongoussi. Ce devrait être suffisant mais, pratiquement, *la moitié à peine des campements sont convenablement entretenus. Le fait que le géologue soit obligé de s'occuper de son campement en arrivant à l'étape est une cause de fatigue supplémentaire et de rendement diminué.* Très souvent, la mission géologique (qui dépendait du Gouvernement Général de l'A.O.F. et non du Gouvernement de la Haute-Volta) n'a rencontré qu'incompréhension à ce sujet, et parfois mépris de la part des autorités locales et de la population. Par contre, certains administrateurs ont fait preuve de beaucoup de bienveillance à mon égard. Il m'est agréable d'avoir à remercier, en particulier, MM. les Administrateurs DIMBOURG et ESTRADÉ à Koudougou (1949), BIDALI à Yako (1950) CHABANON et AUDIBERT à Kaya (1952-1953), CLUA à Boulsa (1956), LE ROUX à Bogandé (1955), qui ont ainsi facilité mon travail. Il semble que souvent les campements soient destinés plus à l'Administration locale qu'aux géologues et autres fonctionnaires de passage : dans plusieurs cercles (Boulsa, Bogandé, Ouahigouya), il n'y a pas de campement au chef-lieu, alors qu'on en trouve de très convenables à 40 km de là.

Les meilleurs campements sont à l'heure actuelle ceux des cercles de Douentza (Dinangourou, Yoro), de Ténado (Didir, Thion, Zamo, Pouny), quelques-uns dans les cercles de Koudougou et d'Yako, et celui de Bani. Quelques chefs ont eu la courtoisie de planter des manguiers dans la cour du campement (Poun). Ils sont malheureusement rares. Enfin, dans les cercles de Djibo et de Dori, au Nord du 14^e parallèle, les campements sont très espacés et le géologue doit, le plus souvent, utiliser une tente.

Utilisation des photos aériennes.

La couverture aérienne complète du centre et du Nord de la Haute-Volta a été faite en plusieurs années, de 1952 à 1956, mais j'ai dû effectuer la plupart des levés avant d'avoir à ma disposition les photos aériennes. Celles-ci n'ont donc été utilisées que pour les levés de détail et pour la moitié Sud de la feuille Djibo.

Au point de vue géologique, l'examen stéréoscopique du relief et des formes d'érosion permet, lorsqu'on est déjà allé sur le terrain, de distinguer les collines de schistes, de roches basiques et les grandes pénéplaines granitiques. Exceptionnellement, la photo aérienne a permis de reconnaître quelques filons de dolérite dont un, au Sud d'Ouahigouya (Boussouma) n'avait pas été observé précédemment sur le terrain. La petite falaise de Tondigaria est également bien visible sur les photos aériennes, mais, même sans photos, on n'aurait pas pu la manquer sur le terrain.

Les photos n'ont donc pas permis de faire une découverte, elles ont seulement évité d'avoir à la relever à la chaîne d'arpenteur ou au dromomètre. Enfin, dans l'Oudalan, l'examen des photos aériennes a permis de dessiner le contour des dunes sans fatigue et avec beaucoup plus de précision.

A part cela, les possibilités de la photo-géologie dans le centre et le Nord de la Haute-Volta semblent beaucoup plus réduites qu'en pays sédimentaire et désertique où l'on peut déterminer d'après les photos la plupart des contours géologiques, les failles, les pendages, etc. Ici, au contraire, la couverture végétale ou latéritique masque tout, et la lisière d'un champ, lorsqu'elle est rectiligne est beaucoup plus visible qu'une faille.

Travail de laboratoire

Dates.

Le travail de laboratoire a été effectué chaque année à Dakar, au retour de la mission, en général pendant la saison des pluies. Pendant les congés, j'ai passé quelques mois dans des laboratoires de France. Enfin, après l'achèvement de mon dernier rapport de fin de campagne (août 1960), la Direction du Bureau de Recherches Géologiques et Minières a eu la bienveillance de me laisser six mois pour rédiger, à Chatenay-Malabry, l'essentiel de ce mémoire, ce dont je lui suis très reconnaissant. Je remercie également M. LOMBARD, rédacteur en chef de la *Chronique des Mines et de la Recherche Minière*, qui, depuis mars 1961, a toujours facilité la poursuite de mes travaux personnels.

Répartition du travail de laboratoire, d'année en année :

1949.....	août - septembre	(Dakar)
1950.....	août - septembre.....	(Dakar)
1951.....	janvier.....	(Dakar)
1953.....	juillet - août.....	(Dakar)
1954.....	août à octobre.....	(Dakar)
1955.....	mars.	(Dakar)
	avril à juin.....	(Nancy)
1956.....	mai à octobre.....	(Dakar)
1957.....	août à novembre.....	(Dakar)
1958.....	mai - juin.....	(Chatenay-Malabry)
	juillet à septembre	(Dakar)
1959.....	juin à novembre.....	(Dakar)
1960.....	mars.....	(Dakar)
	juin à décembre	(Chatenay-Malabry)
1961.....	janvier - février	(Chatenay-Malabry)

Soit, au total, quarante-quatre mois de travail au laboratoire.

Lames minces.

Six cent quatre-vingt-seize lames minces ont été taillées sur un total de mille trente-et-un échantillons. J'ai examiné la totalité de ces lames minces, ainsi qu'une trentaine de lames d'autres

géologues ayant travaillé dans la région : J. SAGATZKY, M. DÉFOSSEZ et J. DELORME. Quatre-vingts déterminations ont été revues par L. BODIN et trente-trois autres par L. BARRÈRE, pétrographes du Service de Géologie et de Prospection Minière. Je les en remercie tous deux bien vivement. Quarante-quatre photographies de lames minces ont été faites en 1956, à Dakar, avec un appareil « Pan-Phot ». Cet appareil ayant été détérioré, il ne m'a pas été possible, malheureusement d'augmenter le nombre de ces documents.

Sections polies.

Quatre sections polies de minerais ont été exécutées à l'atelier du Service de Géologie et de Prospection Minière. L'une d'entre elles (échantillon n° 750) a été étudiée par D. SOULÉ de LAFONT, minéralogiste du S.G.P.M.; les autres ont été examinées par J. BOULADON, géologue du B.R.G.M.

Analyses chimiques.

Soixante-douze analyses complètes de roches et dix analyses de minerais ont été exécutées à ma demande par M^{me} B. MARTINET, chimiste au S.G.P.M., dont tous les géologues ont pu apprécier la compétence et l'amabilité. J'ai pu tirer parti, également, de deux analyses de la même région, exécutées par J. PATUREAU, chimiste au Centre technique d'analyse chimique de minerais et de roches du C.N.R.S., à la demande de L. BODIN.

APERÇU GÉOGRAPHIQUE DE LA RÉGION

Géographie physique

Relief

La région située au centre et au Nord de la Haute-Volta est une vaste pénéplaine assez monotone dont l'altitude absolue, d'après les nivellements les plus récents, varie de 256 m (au pont de la Volta Noire, sur la route de Koudougou à Dédougou) à 352 m (borne N 53, à 15 km d'Ouagadougou, sur la route de Bobo-Dioulasso).

Quelques collines isolées rompent la monotonie du paysage : coupole de Tibo, collines de Lessam, Kelguièna, Bâgou, Sanguié, Zoungou-Tanségha, Soampiga, etc... Le Sud des cercles de Kaya et de Kongoussi est un massif montagneux qui s'étend sur plus de 100 km de long, de Soubeigha à Tikaré et dont la largeur moyenne est de 30 km. Il existe également des massifs de moindre importance : massifs de Dacula et de Pilimpikou dans le Sud du cercle d'Yako, massifs de Sabda, Bini, Pinsa-Bouroum, Yalogo-Bamga, « Petite Suisse », Gountouwala, Ouarga, Labka, Kolel.

D'après les cartes au 1/200.000 du Service Géographique, les plus élevées des collines ne dépasseraient guère 150 à 200 m de hauteur de commandement; elles atteindraient donc environ 500 m au-dessus du niveau de la mer. Les plus élevées semblent être la « montagne de Dem » au Nord-Ouest de Kaya, et le « pic de Sanguié » au Nord-Ouest de Koudougou.

La morphologie du relief est souvent caractéristique de la nature des roches qui le constituent :

Les roches alcalines (granites et syénites) forment en général des affleurements remarquables : dômes ou ballons, avec altération en boules et amoncellements (Sadba, Aribinnda, Déou, « Petite Suisse », Rio-Réga, etc.). On observe également quelques collines de granite calco-alcalin : coupole de Tibo, montagne de Lessam, Fétépol, Soampiga, etc.; mais, la plupart du temps, ces roches ne constituent que de petits affleurements dans la pénéplaine (batholites du Conquistenga et

d'Ouagadougou, de Koupèla-Boulsa, Foulgho-Baraboullé, etc.); quelquefois même, ils n'affleurent pas du tout, et ne sont connus que par leurs arènes au fond des puits.

Les *schistes rouges*, argileux, sériciteux ou tufacés, peuvent former quelques *collines au sommet découpé*, bien visibles sur les photos aériennes (Tikaré, Ouest de Soubeigha); cependant, comme ce sont des roches assez tendres et facilement attaquées par l'érosion, elles affleurent le plus souvent sur les routes et pistes aux endroits où elles sont en déblais, dans les thalwegs et dans les parties basses du relief actuel.

Les *roches basiques* et neutres, anciennes et récentes, et parfois les microgranites (Dambogadié), forment des *collines arrondies*, délitées au sommet et éboulées à la base, où il est souvent impossible de trouver la roche en place.

Certains *filons* de dolérite et de gabbro peuvent être suivis sur le terrain; ils ne dépassent pas quelques dizaines de mètres au-dessus du niveau de la pénéplaine.

Enfin, la *latérite* forme en général des *collines tabulaires* qui se distinguent très bien des précédentes sur les photos aériennes et sur le terrain.

Climat

La région étudiée est en grande partie située dans la zone de climat *nord-soudanien*; cependant, le Nord-Est doit être rattaché à la zone *sud-sahélienne*.

Pluies.

Le climat est assez sec et se caractérise par deux saisons nettement distinctes : une saison sèche et une saison pluvieuse, improprement appelée « hivernage ».

Dans la zone de climat nord-soudanien (fig. 1), on peut distinguer : une saison courte (15 mai au 15 juin environ), avec des orages violents et espacés, et une saison de pluies abondantes qui commence vers le 15 juillet et dure jusqu'au début d'octobre; ces deux saisons sont séparées par un mois plus sec (15 juin au 15 juillet environ). Souvent, ce fait n'est pas visible sur les graphiques ou les statistiques de pluviométrie établis mois par mois; en effet, les hauteurs de pluies sont totalisées du premier au dernier jour de chaque mois et le petit minimum de pluviosité du 15 juin au 15 juillet est entièrement absorbé par le total beaucoup plus important des pluies du début juin et de la fin juillet.

Dans la zone de climat sud-sahélien (fig. 2), il n'y a qu'une saison des pluies; elle a son maximum en juillet-août.

Le total des précipitations varie de 500 mm au Nord-Est à un mètre au Sud-Ouest (fig. 3); ce sont des chiffres moyens et, en fait, les pluies sont assez irrégulières et peuvent varier d'une année à l'autre dans la proportion du simple au double; les isohyètes sont légèrement obliques par rapport aux parallèles géographiques : à latitude égale, il pleut en général plus à l'Ouest qu'à l'Est (fig. 6).

Vents.

Dans la zone nord-soudanienne, l'harmattan souffle de novembre à mars : c'est un vent sec du NE ou de l'E.NE; sa vitesse est en moyenne 10 km/h; jusque début février, il est assez frais, mais, en mars, devenu torride, il est responsable d'une brusque élévation de la température. De mai à octobre, c'est le régime de mousson; le vent souffle du S.SW (1) mais vire brusquement avant les orages; la vitesse moyenne qui est de 14 km/h de mai à août tombe à 10 km/h en septembre et à 6 km/h en octobre. En avril, le changement des vents est assez lent, il peut durer un mois; fréquemment, le vent souffle le matin du NE, l'après-midi du SW, avec une vitesse moyenne de 9 km/h; la nuit, il tombe complètement. Fin octobre, le changement de régime est beaucoup plus rapide.

(1) Pour éviter une confusion aux lecteurs de langue germanique, l'abréviation employée pour Ouest est W et non O.

Répartition des pluies, mois par mois

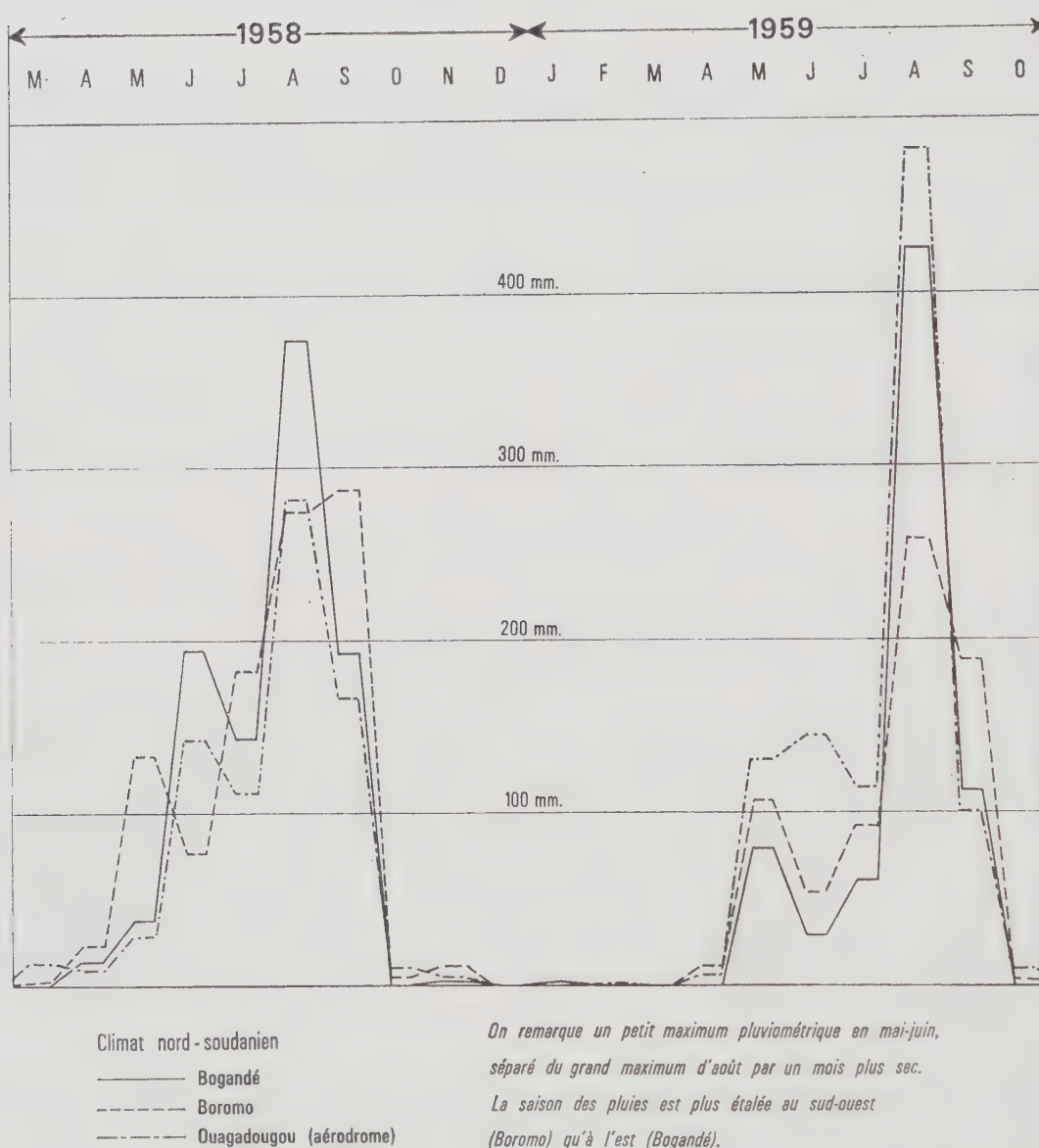


Fig. : 1

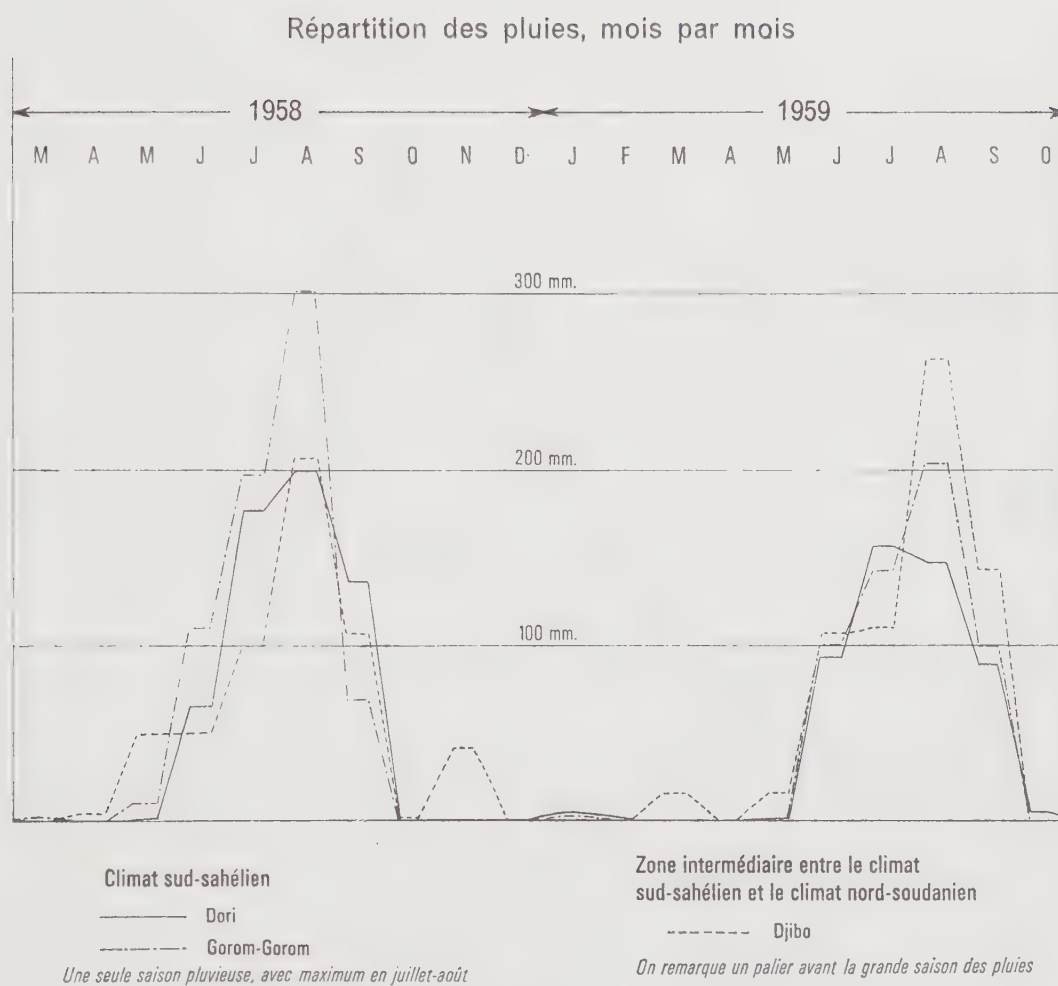
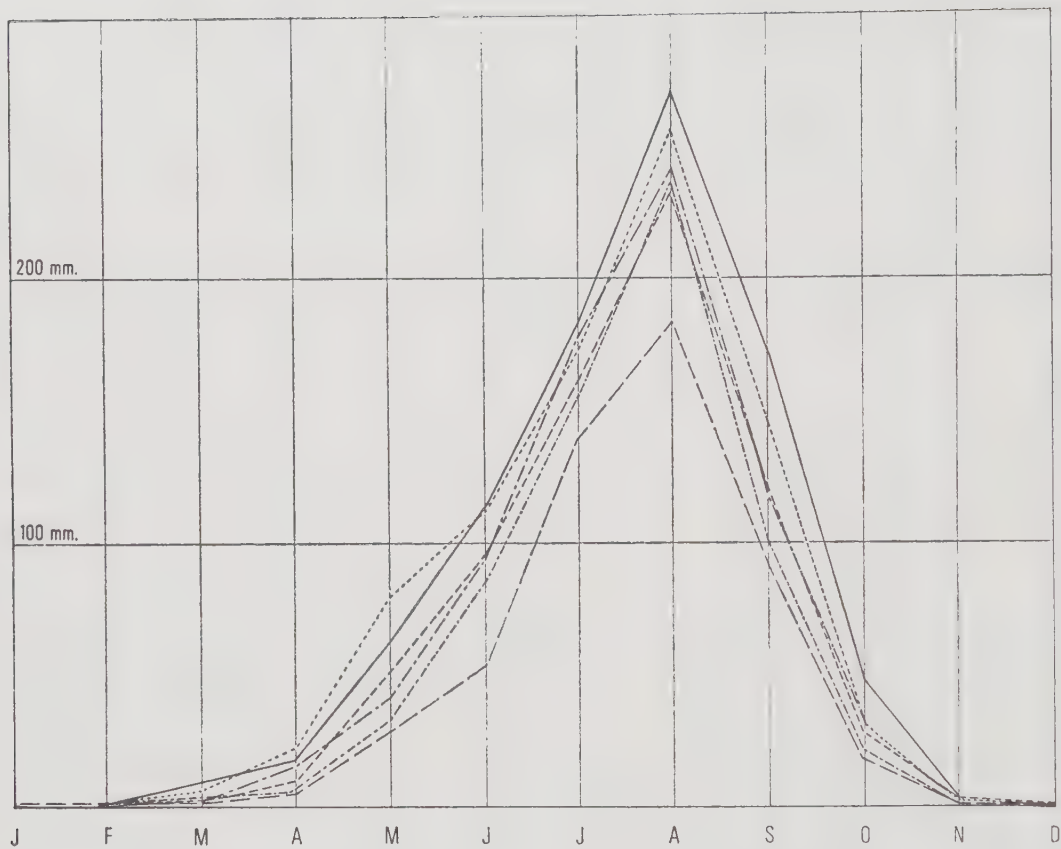


Fig. : 2

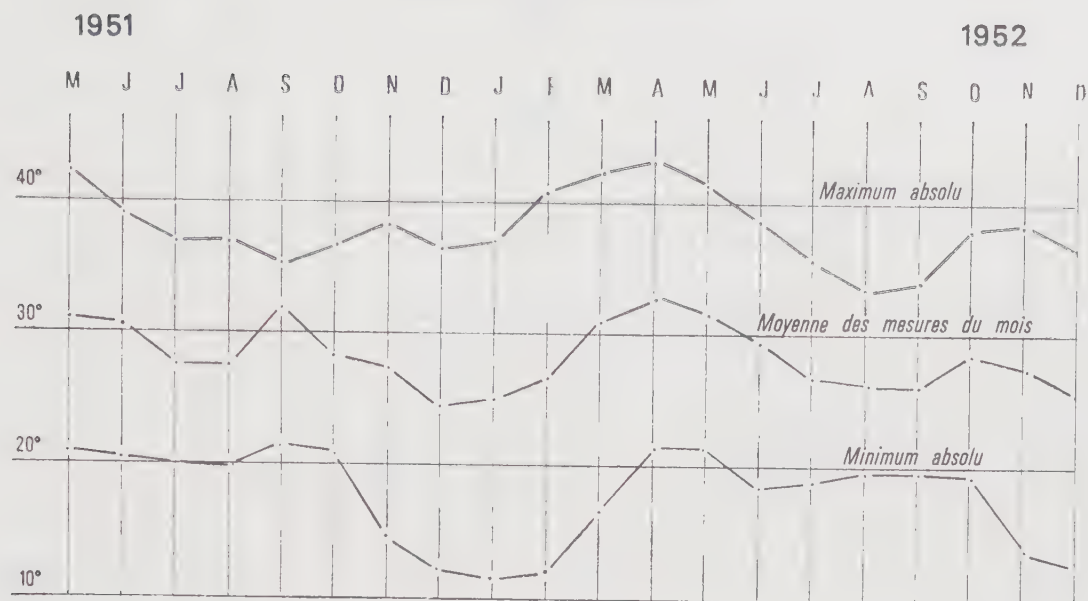


Hauteurs totales des pluies, mois par mois

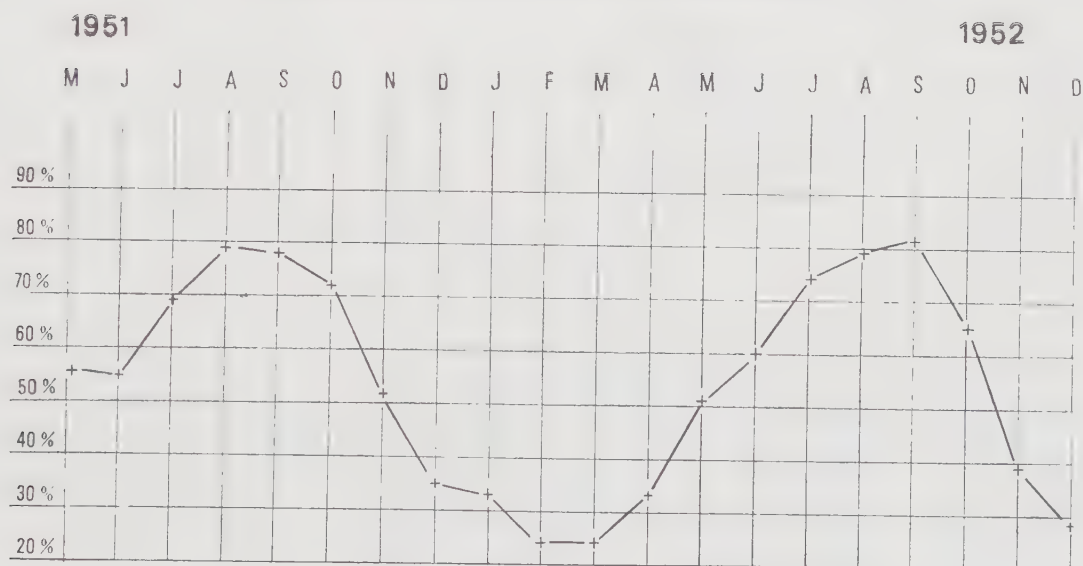
- — — — — Dori (moyenne 1925-1959)
- - - - - Kaya (moyenne 1921-1959)
- Koudougou (moyenne 1921-1959)
- - - - - Koupèla (moyenne 1924-1959)
- Ouahigouya (moyenne 1924-1959)
- - - - - Tourcoingbam (moyenne 1946-1959)

Fig. : 3

Températures à Ouagadougou



Etat hygrométrique moyen à Ouagadougou



(D'après les mesures du Service Météorologique de Haute-Volta)

Fig. : 4

Températures moyennes 1949 - 1953

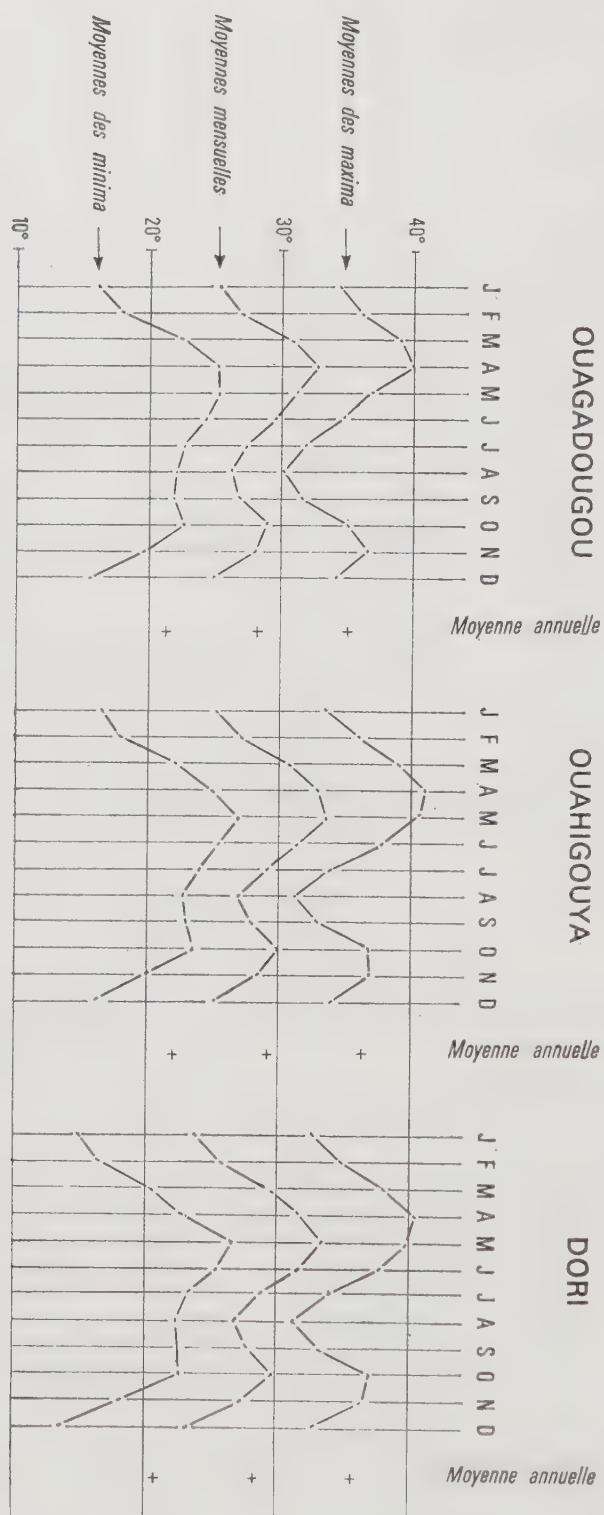


Fig. : 5

Températures (fig. 4 et 5).

Dans la région étudiée, la température peut varier sous deux influences essentielles : l'orientation de la Terre par rapport au Soleil et la répartition des pluies dans l'année. La première cause tend à produire un maximum en été et un minimum en décembre-janvier; la seconde cause tend à faire baisser la température au moment des pluies. Par suite de la combinaison de ces deux facteurs, on observe les variations suivantes :

— Dans la zone de climat « nord-soudanien », la température diurne ne dépasse guère 35° de novembre à février; elle s'élève souvent au-dessus de 40° durant trois mois, de mars à mai; elle peut quelquefois dépasser 40° dès la seconde quinzaine de février. En saison des pluies, la moyenne des maxima tombe au-dessous de 35° et atteint son minimum en août, mais il y a encore des journées chaudes. Enfin, en octobre, on observe une nouvelle élévation de la température diurne. La température nocturne se maintient entre 20° et 25° de mars à octobre; de novembre à février, elle est habituellement inférieure à 20° et descend fréquemment au-dessous de 15°.

— Dans la zone de climat « sud-sahélien », la température nocturne est plus basse pendant tout l'hiver, et se maintient encore fraîche en mars et quelquefois en avril. Par contre, la saison des pluies commençant plus tard, les températures diurnes restent élevées jusqu'en juin.

Hydrographie

La région étudiée s'étend sur les bassins versants de cinq cours d'eau : Volta Noire, Volta Rouge, Volta Blanche, Sirba, Béli (fig. 7). Les deux derniers sont des affluents de droite du Niger; la réunion des trois premiers forme le fleuve Volta qui se jette dans le golfe de Guinée entre Accra et Lomé.

COURS D'EAU.

La seule rivière permanente est la *Volta Noire* qui provient de la région de Banfora et a donc parcouru environ 400 km lorsqu'elle entre dans la région qui nous intéresse. Aux plus basses eaux, la hauteur d'eau est d'environ 1,50 m, et le lit mineur est large d'une vingtaine de mètres. Aux plus hautes eaux, la profondeur atteindrait 6 m et l'inondation couvrirait environ 500 m. Les riverains, d'ailleurs très peu nombreux, n'ont que quelques pirogues, et ne s'en servent que pour traverser la rivière. Quelques pêcheurs et chasseurs, venus du Ghana, peuvent y circuler en pirogue de novembre à février. C'est dire que la valeur économique de la Volta Noire est très réduite à l'heure actuelle.

La Volta Noire forme la limite naturelle entre les cercles de Dédougou et Boromo à droite, Tougan et Ténado à gauche. Dans ce dernier cercle, elle reçoit quelques affluents qui ne coulent que pendant cinq à six mois. Son bassin versant s'étend sur l'ensemble des cercles de Tougan, Dédougou, Ténado, sur la plus grande partie des cercles de Koudougou et Yako et sur l'ouest du cercle d'Ouahigouya.

La *Volta Rouge* est une rivière beaucoup plus modeste; elle provient des environs de Bouslé et coule vers le Sud. Elle n'a pas de source et son bassin versant est petit, aussi elle n'a d'eau courante que jusqu'en novembre ou décembre; ensuite ce n'est plus qu'un chapelet de mares.

Le bassin versant de la *Volta Blanche* couvre environ la moitié de la feuille Ouagadougou. Le premier point où l'on peut reconnaître cette rivière avec certitude est au nord de Kirsî. En amont, il existe plusieurs thalwegs dont les trois principaux proviennent de Titao, d'Ouahigouya

RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

Echelle : 1/2.000.000

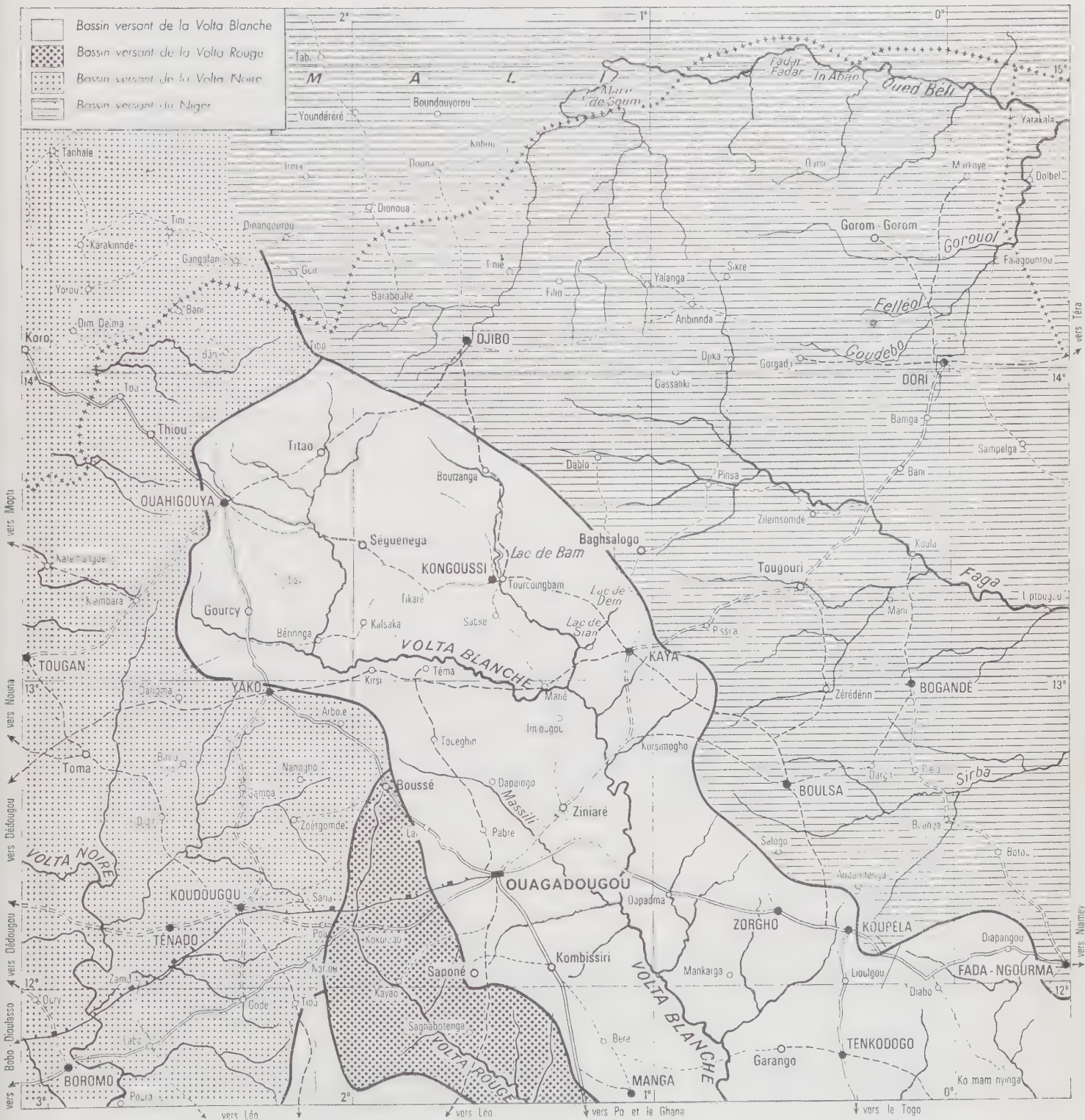


Fig. : 7

et de Lago. La Volta Blanche n'a d'eau courante à Kirsi que pendant cinq à six mois; à Mané et à Nakabé, elle coule jusqu'en janvier; à Abchouya jusqu'en février; il reste encore quelques mares en mars et même en avril dans la vallée en aval d'Abchouya. La Volta Blanche reçoit plusieurs affluents des deux côtés; ces cours d'eau, improprement appelés « marigots » ne sont que des torrents qui coulent au maximum quelques mois après la fin de la saison des pluies. Les principaux affluents de la Volta Blanche sont : à gauche les émissaires des lacs de Bam, Dem et Sian, à droite le Massili. En aval de Mané, et surtout en aval d'Abchouya, les bords de la Volta Blanche sont malsains, donc inhabités.

Dans le Sud-Est (Diabo) quelques cours d'eau se dirigent vers la *Pendjari*, affluent de gauche de la Volta Blanche.

Le bassin versant de la *Sirba* et de son affluent la *Faga* s'étend sur les cercles de Bogandé et de Boulsa, le nord du cercle de Kaya, et la région d'Aribinnda et de Bani. Tous les cours d'eau de cette région s'écoulent vers l'Est. Le plus important est l'émissaire de la mare de Serkissouma; après Kyélebo, il traverse Houbé, Touga, Yalogo et Koala. Mais aucun d'eux n'est permanent.

Enfin, les eaux du cercle de Djibo (sauf la région d'Aribinnda), de l'Oudalan et de la plus grande partie du Liptako s'écoulent vers le Nord et, par le *Béli* et le *Gorouol*, atteignent le Niger. Comme les précédents, ces cours d'eau ne coulent que quelques mois par an.

LACS.

Une particularité intéressante du pays est la présence, au Nord du 13^e parallèle, d'un certain nombre de lacs et de mares permanentes : lacs de Bam, de Bourzanga, de Dem, de Delga, de Sian, mares de Serkissouma, de Djibo, de Touga, de Dori. Ces étendues d'eau fournissent un appoint important à l'alimentation de la population et du bétail; par contre, elles sont peu utilisées pour l'irrigation. Plusieurs d'entre elles sont peu éloignées de la ligne de partage des eaux entre la Volta Blanche et le Niger; il est possible qu'au cours de périodes géologiques relativement récentes cette ligne ait été soumise à quelques fluctuations, ce qui ne surprend pas dans un pays aussi plat. Dans l'Oudalan, la présence de dunes empêchant l'eau de s'écouler normalement a eu pour résultat la formation de mares temporaires dont certaines sont très vastes (Oursi, Darkoye).

De nombreux barrages ont été construits pour subvenir à l'alimentation en eau de la population ou du bétail, ou pour permettre des cultures irriguées. Les plus anciens (Boulsa, Pabré) ont plus de quarante ans. Certains barrages ont aussi pour but la suppression d'un pont pour le passage d'une route.

Végétation naturelle

Au Sud d'une ligne oblique Kiri - Kargo - Pissila - Bogandé, le pays est dans la zone de savane arbustive ou boisée. A vrai dire, les besoins d'une population dense ont peu à peu supprimé la « brousse » et les arbres ne sont pas très nombreux. Cependant, il existe quelques régions inhabitées et boisées, en particulier au bord des cours d'eau; certaines sont des *forêts classées*. Les arbres feuillus dominent largement les épineux. Dans les régions très peuplées et cultivées (environs d'Ouagadougou, centre et Sud du cercle d'Ouahigouya), la plupart des arbres ont été abattus; cependant, certaines essences qui présentent quelque utilité pour la population ont été respectées.

Au Nord de la ligne précédente, et au Sud-Ouest d'une ligne Kobou - Gountouré Niénié - Aribinnda - Pèlehonté - Bani, la population est beaucoup moins dense, et, hormis quelques zones de

culture autour des villages, la végétation est restée très abondante. Les épineux sont plus nombreux que dans le Sud, et ils deviennent dominants au Nord du 14^e parallèle.

Au Nord-Est de la ligne précédente, c'est-à-dire essentiellement dans le Liptako, l'Oudalan et l'Est du canton d'Aribinnda, la végétation est plus clairsemée, les baobabs disparaissent presque complètement, on ne trouve plus que de maigres épineux. Cette végétation rare et parfois inexistante est due à la fois à la sécheresse du climat et à la présence de dunes.

Régions naturelles

La région étudiée est essentiellement une vieille plate-forme métamorphique et cristalline qui a été désignée sous des noms divers : « bassin de la Volta Blanche » (L. MARVIER, 1953), « Yatenga » (S. SERPOKRYLOW), « Liptako » (M. ROQUES). Elle disparaît au Nord sous des affleurements de grès connus localement sous le nom de *Tondigaria* (1). Ces grès qui ont un faible pendage nord ou nord-ouest forment la bordure sud d'une plaine sédimentaire connue sous le nom de *Gondo*. Au Nord-Ouest d'Ouahigouya, on n'observe pas de grès en surface, et le socle cristallin est bordé par la plaine du *Gondo*.

La géographie physique du pays étant très monotone, il n'existe pas d'autres régions naturelles individualisées. Par contre les noms d'origine ethnique ou historique sont nombreux.

Géographie humaine

Population

DENSITÉ.

La population totale de la région étudiée est voisine de 1 900 000 habitants, ce qui correspond à une moyenne de 21 au km², mais la densité est très variable selon les cercles : en général beaucoup plus faible au Nord qu'au Sud. Voici les densités de population dans quelques cercles : Djibo (5), Dori (5), Dédougou (9), Boulsa (12), Ganzourgou (12), Tougan (15), Kaya (20), Ouagadougou (28), Koudougou-Ténado (32), Yako (45). Elle atteindrait localement 75 dans la subdivision de Gourcy.

RACES.

a) *Sédentaires* (fig. 8).

Parmi les divers peuples qui habitent la région, les *Mossis* (2) (ou, plus exactement, « Mossé », pluriel de Moagha) sont les plus nombreux. Ils occupent les cercles de Koudougou, Ouagadougou, Zorgho, Koupèla, Boulsa, Kaya, Kongoussi, Ouahigouya et Yako (et, au Sud du 12^e parallèle, les de Manga et de Tenkodogo). On remarque quelques villages de Mossis émigrés dans les cercles de Djibo et de Dori (Sona, Gomdé, Souma, Liki, Déou).

Les habitants les plus anciens sont les *Kipsi* que l'on peut, vraisemblablement, considérer

1. « Tondigaria » n'est pas une localité, c'est le nom en langue Marandé, c'est-à-dire Songhaï, de l'affleurement de grès que l'on peut suivre d'une façon discontinue depuis Limbé jusqu'à Firgoun sur le Niger. Il semble que le mot devrait plutôt s'orthographier « Tondigariol », mais pour éviter des confusions je pense qu'il est préférable de conserver le nom « Tondigaria » qui a été adopté par S. SERPOKRYLOW et qui est connu dans la littérature géologique.

2. L'usage administratif accorde la marque du pluriel français à ce nom qui est déjà un pluriel.

CARTE DES POPULATIONS SÉDENTAIRES

Echelle : 1/2.000.000

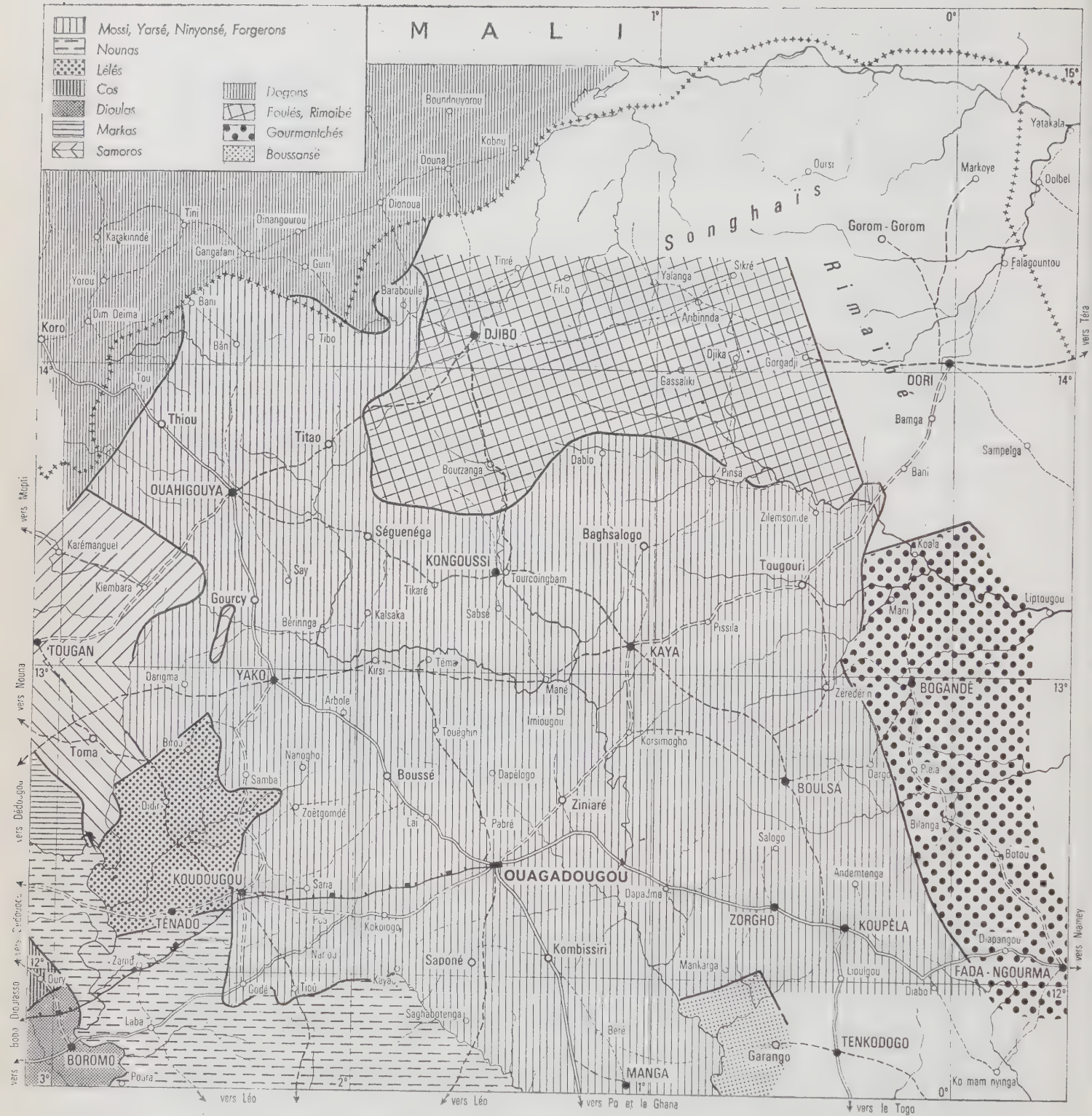


Fig. : 8

comme autochtones. Au moment de la conquête mossi (XII^e s.), certains sont restés sur place, dispersés en villages et quartiers isolés; ils sont connus actuellement sous le nom de *Ninyonsé* : ils restent coutumièrement propriétaires du sol, et gardiens des coutumes, fétiches, bois sacrés, roches sacrées, etc.; d'autres se sont repliés vers le Nord-Ouest et le Nord où la falaise de Bandiagara et les Monts de Hombori leur fournissaient de nombreuses forteresses naturelles; au retour de la paix, ils ont pu redescendre dans la plaine du Gondo; ils se nomment eux-mêmes *Habé*, mais on les désigne aussi sous les noms de Dogons (en langue bambara et en français) ou Cados (en foulfouldé).

Les Songhaïs, connus localement sous le nom de *Maransé*, constituent le fond de la population sédentaire dans l'Oudalan; ils occupent quelques villages dans les cercles de Djibo, Kaya et Ouahigouya; au Sud du 14^e parallèle, ils ont adopté la langue et les coutumes des Mossis.

Les *Yarsé* et les Forgerons (*Saba*) sont des peuples différents, d'origine probablement soudanaise, mais pratiquement assimilés actuellement aux Mossis.

Les *Foulsé* habitent le Nord des cercles de Kaya, Kongoussi et Ouahigouya, le Sud du cercle de Djibo et l'Ouest du Liptako. Les *Samo* occupent la partie Est du cercle de Tougan et le canton de Tanmounouma. Les Mossis de Koudougou désignent du nom de « Foulsé » les *Samo* de la région de Toma, mais cela n'implique pas nécessairement une identité de race avec les *Foulsé* du Nord.

Il y a quelques villages *Mar̄ka* dans le Sud du cercle de Tougan, mais leur aire d'extension est située essentiellement à l'Ouest du méridien 3°.

Les *Nounas* (ou Nounouma, ou Neboi) occupent deux cantons (Tchériba et Tissé) dans le cercle de Dédougou et deux autres (Pouny et Batondo) dans le cercle de Ténado (ainsi que l'ensemble du cercle de Léo, au Sud du 12^e parallèle). Les *Lélés* forment deux autres cantons (Réo et Didir) dans le cercle de Ténado. *Nounas* et *Lélés* sont souvent groupés sous le nom de « Gourounsi ». Ce mot n'a pas de signification ethnographique ni linguistique. C'est plutôt un terme de mépris employés par les Mossis pour désigner leurs voisins.

Les *Boussansé* dont l'aire d'extension principale est la subdivision de Garango (au Sud du 12^e parallèle) ont encore quelques villages dans le Sud du Ganzourgou. Ils ont certainement une origine commune avec les *Samo*, car leurs langues sont très voisines, et la légende rapporte qu'ils se sont autrefois séparés pour une raison assez mesquine : une tête de chien que leurs chefs s'étaient disputée (car les uns et les autres sont grands amateurs de viande de chien).

Les *Gourmantché* (ou Bémba) constituent la population dominante des cercles de Fada Ngourma et de Bogandé. Ils ont tendance à émigrer au Nord vers les cantons de Tougouri et de Liptako, cependant qu'au Sud ils abandonnent le canton de Diabo au profit des Mossis. P. MASCLANIS (1955) les qualifie de « population assez arriérée et primitive » (*Bull.* 24, p. 23). Cette appréciation me semble exagérée car, plus travailleurs que leurs voisins, ils ont su accomplir en quelques années de nets progrès en agriculture.

b) *Nomades et semi-nomades.*

Les *Touareg*, éleveurs, dominent l'Oudalan. Les *Bellas* qui sont leurs anciens captifs, vivent dans les cercles de Dori et de Djibo.

Les *Peuls* (Foulbé), sont présents partout où il y a de l'eau et des pâturages; ils sont donc plus nombreux dans le Nord, peu cultivé, que dans le Sud. Ils constituent une importante minorité dans le cercle de Djibo, et la majorité de la population dans le Liptako.

Les *Rimaïbé* (Debééré) sont d'anciens Foulé et Maransé devenus tributaires des Peuls. Plus sédentaires que ces derniers, ils habitent des cases plus confortables. En pays mossi, leurs villages sont souvent appelés « Bagré ».

LANGUES

Tous ces peuples ont des langues différentes. Le *tamacheq*, langue des Touareg, sert de langue véhiculaire dans l'Oudalan. Le *foulfouldé*, langue des Peuls, est compris dans les cercles de Dori et de Djibo et tend à s'étendre vers le Nord (plaine du Gondo et Oudalan). Le *möré* (langue des Mossis) est compris partout ailleurs, sauf dans quelques villages reculés des cercles de Bogandé et de Tougan.

Le *bambara-dioula*, langue véhiculaire du Mali est assez répandu dans les cercles de Tougan et d'Ouahigouya qui ont été rattachés au Soudan de 1933 à 1947. Le *français* est assez peu connu en dehors des chefs-lieux de cercles et de subdivisions.

ORGANISATION COUTUMIÈRE

Les peuples de l'Ouest (Gourounsi et Samos) vivaient autrefois en villages autonomes; ils n'ont été groupés en cantons qu'après la révolte de 1917. Les semi-nomades sont répartis en tribus commandées par des « chefs de canton » comparables à des patriarches.

Mais l'organisation la plus complète est celle des Mossis et des peuples qui leur sont associés : Ninyonsé, Yarsé, Forgerons, et, partiellement, Foulé et Maransé.

La cellule fondamentale est le canton qui a à sa tête un chef de canton (kombéré). Les cantons correspondent en général à une certaine étendue de terrain pouvant être délimitée sur la carte; leur surface est très variable, d'une centaine à plus de 2 000 km²; leur forme est souvent allongée. Dans l'Yatenga, par contre, les cantons sont des groupements arbitraires de villages souvent discontinus.

Les insignes de l'autorité du chef de canton sont le bonnet (pougla) finement brodé, le sceptre (païgha) et le coussin en estomac de vache (naghpoûri) sur lequel il a seul le droit de s'asseoir. La case du chef se reconnaît aux œufs d'autruche vides qui la surmontent mais quelques chefs de village ont également ce privilège. C'est à cette coutume plus qu'à la chasse qu'est due la disparition des autruches en pays mossi.

La fonction de chef de canton appartient à la famille, mais la succession n'échoit pas nécessairement au fils aîné ni même à un fils.

La population d'un canton est très variable : de quelques milliers d'habitants à quelques dizaines de milliers (Lallé : 70 000).

Les cantons des cercles d'Ouagadougou, de Zorgho et de Manga (ce dernier au Sud du 12^e parallèle) sont groupés en quatre provinces ayant respectivement à leur tête, le Baloum-Naba, le Ouidi-Naba, le Gounga-Naba et le Larlé-Naba; l'ensemble est sous l'autorité d'un chef supérieur (pang-soba), traditionnellement dénommé « empereur », le Mogho-Naba, qui réside à Ouagadougou. En outre les provinces de Boulsa et de Koupèla reconnaissent la suzeraineté nominale du Mogho-Naba.

L'empire mossi a été fondé au XII^e siècle par Naba Oubri.

L'empire d'Ouahigouya dont la dissidence remonte à plusieurs siècles a à sa tête un autre pang-soba dénommé « Yatenga-Naba ». Ses quatre provinces (Baloum-Naba, Ouidiranga, Rassam-Naba et Togo-Naba) sont la réplique de celles d'Ouagadougou.

Il existe un troisième empire mossi, celui de Tenkodogo, le plus ancien, au Sud du 12^e parallèle.

La province de Boussouma qui comprend l'ensemble du cercle de Kaya moins le canton de Téma, a à sa tête un roi (dima); elle ne dépend donc pas du Mogho-Naba. Les cantons des cercles de Koudougou Yako et Kongoussi sont indépendants et forment une sorte de tampon entre les empires d'Ouagadougou et d'Ouahigouya. Certains chefs de canton (Conquistenga, Yako, Riziam) portent également le titre de roi (dima).

L'organisation coutumière du pays Gourmantché est analogue à celle du pays mossi : chefs de canton placés sous l'autorité d'un roi qui réside à Fada Ngourma.

RELIGIONS

La majorité de la population sédentaire est animiste; les peuples les plus convaincus sont les Gourounsi, les Ninyonsé et les Habé; les croyances des Mossis sont plus édulcorées. Les semi-nomades sont tous musulmans. L'Islam atteint également environ 25 % de la population sédentaire des cercles de Kaya et d'Ouahigouya, et beaucoup moins dans les autres cercles.

Les catholiques sont nombreux aux environs des missions les plus anciennes (Koupèla, Ouagadougou, Réo, Toma, Tourcoingbam), mais, dans l'ensemble de la population, ils ne représentent guère plus de 3 %. Il existe quelques missions protestantes, mais elles n'ont que peu de fidèles.

Activité Économique

CULTURE

L'agriculture est et restera certainement longtemps la principale activité économique du pays; elle est fonction de la pluviométrie, donc plus développée au Sud et à l'Ouest.

La culture vivrière traditionnelle est celle du mil et du sorgho. Les graines de ces deux plantes sont utilisées indifféremment pour l'alimentation, généralement sous forme de galettes ou « gateau » (saghabo), plus rarement en couscous (bassi). Pour la fabrication de la bière de mil (dam ou mosram) on emploie de préférence la variété rouge.

Depuis quelques années, la culture du riz dans les bas-fonds a pris une certaine importance. On cultive également le maïs, l'arachide, le coton et, dans les cercles de Koupèla, Boulsa, Ténado, Yako, les ignames, les patates douces, le manioc.

La culture maraîchère (tomates, oignons, pois chiches, haricots, riz, condiments indigènes, légumes européens) et fruitière (mangues, goyaves, papayes, bananes, citrons) se développe autour d'Ouagadougou et de quelques chefs-lieux, ainsi que dans les cercles de Ténado, Koupèla et, récemment, Boulsa.

Dans le cercle de Djibo, la région de Botogho est, malgré une pluviométrie assez faible, une des plus riches au point de vue agricole; ceci semble dû à la présence d'une fine argile rouge qui est probablement d'origine éolienne.

ELEVAGE

Tous les cultivateurs se livrent à l'élevage des petits animaux et des volailles; les Gourmantchés élèvent en outre bovins et chevaux. Dans la plus grande partie de la région étudiée, l'élevage des bovins (zébus) est traditionnellement l'affaire des Peuls, cependant qu'au Sud-Ouest, les Gourounsi ont des animaux plus petits et sans bosse.

ARTISANAT

La principale activité artisanale est celle des forgerons (outils agricoles, crachoirs et bijoux). Le minerai de fer local qui était autrefois traité dans des fours catalans n'est pratiquement plus exploité. Les femmes de forgerons fabriquent des poteries.

Le travail du cuir (selles, bottes, coussins) a fait la réputation de Kaya. Le tissage du coton est pratiqué partout pendant la morte saison. Djibo et surtout Dori fabriquent des couvertures.

Divisions Politiques et Administratives

La plus grande partie de la région étudiée (environ 99 %) est située en Haute-Volta; dans le Nord et le Nord-Ouest, quelques centaines de kilomètres carrés appartiennent au Mali et sont administrés par les cercles de Bandiagara (subdivision de Koro) et de Douentza (subdivision cen-

trale et subdivision de Hombori). La frontière Mali-Haute-Volta est marquée en plusieurs endroits par le premier affleurement de grès de Tondigaria. Il s'agit en effet d'une vieille limite coutumière.

La partie située en Haute-Volta s'étend sur les cercles de :

- Boulsa, Kaya, Kongoussi, Yako (en entier);
- Djibo, Dori, Koudougou, Koupèla, Ouagadougou, Ténado, Zorgho, (en grande partie);
- Tougan (moitié est);
- Bogandé, Dédougou, Fada-Ngourma (en partie).

Enfin la bordure sud (12^e parallèle) atteint les cercles de Boromo (village Moûn) et de Léo (village Titim).

Le nombre et les limites des cercles et subdivisions de la Haute-Volta étant sujets à de fréquentes modifications, il est pratiquement impossible de publier une carte qui soit à jour à ce point de vue. Les cercles mentionnés dans ce mémoire et sur la carte (fig. 9) sont ceux qui existaient à la date du 2 juillet 1959.

Voies de Communication

Le chemin de fer d'Abidjan au Niger (ligne dite « du Mossi ») est exploité depuis 1954 jusqu'à Ouagadougou. Stations : Zamo, Batondo, Koudougou, Niakado, Binngo, Ouagadougou.

La route Mali - Haute-Volta - Ghana (de Mopti à Kumasi, par Ouahigouya, Ouagadougou, Po) traverse en biais la région étudiée, de Kiri à Kombissiri (310 km).

La route Mali - Haute-Volta - Niger (de Bamako à Niamey) traverse le sud de la feuille Ouagadougou, d'Ipendo à Tangaye (300 km). Ces deux routes à grande circulation se croisent à Ouagadougou. La route Haute-Volta - Togo s'embranché sur cette dernière et sort de la feuille à Lioulgou (21 km).

Les routes suivantes sont également praticables en toutes saisons : Ouagadougou à Kaya et Dori (275 km); Ouagadougou à Koudougou et Dédougou (de la Volta Rouge à Saou : 113 km); Yako à Koudougou et Godé (127 km); Ouahigouya à Tougan (102 km); Bogandé à Fada Ngourma (jusque Bilanga : 53 km).

Un réseau de routes secondaires, praticables en saison sèche, relie :

- Ouagadougou à Léo (52 km jusque Baghamini); Ouagadougou à Téma (83 km);
- Tiogo à Léo (21 km jusque Zamo); Koudougou à Léo (30 km jusque Véla);
- Koudougou à Saria (18 km depuis la bifurcation);
- Koudougou à Tougan (122 km jusque Kassan); Toma à Nouna (14 km jusque Gouin);
- Yako à Kaya (137 km); Yako à Dédougou (100 km jusque Gouin);
- Kiembara à Mopti (32 km jusque Karémanguel);
- Ouahigouya à Kongoussi et Kaya (175 km);
- Ouahigouya à Djibo (117 km); Tourcoingbam à Djibo (99 km);
- Kaya à Tenkodogo (131 km) jusque Sapagha, le tronçon Sapagha-Naftenga n'est plus entretenu);
- Korsimogho à Boulsa (62 km);
- Boulsa à Bogandé (par Dargo : 61 km jusque Nahari);
- Bogandé à Koala (50 km); le tronçon Koala-Bani est abandonné;
- Bônam à Tougouri (76 km); Dori à Gorom-Gorom (54 km);
- Dori à Markoye (72 km, dont 22 en tronçon commun avec la précédente).

Soit, au total, 2 750 km de routes dont 1 300 praticables en toutes saisons, auxquelles il faut ajouter des pistes administratives dont le nombre et la qualité varient avec les cercles :

- réseau dense et, en général, bien entretenu dans les cercles de Kongoussi, Koudougou, Koupèla, Ouagadougou, Ténado,
- pistes nombreuses mais souvent d'un parcours plus difficile (régions montagneuses) dans les cercles de Kaya et d'Yako,

CIRCONSCRIPTIONS ADMINISTRATIVES

Echelle : 1/2.000.000

Nota: Seuls ont été indiqués les noms des cercles dont le chef-lieu est en dehors de la carte.



fig : 9

- réseau plus espacé dans les cercles de Bogandé, Boulsa, Ouahigouya et Tougan,
- réseau insuffisant dans les cercles de Djibo, Dori et Fada Ngourma,
- enfin, pistes mal entretenues dans le Ganzourgou.

Le réseau de pistes a été considérablement allongé ces dernières années; à l'heure actuelle, il y a dans la région étudiée environ 6 550 km de pistes, formant avec les routes un réseau à maille moyenne de 19 km; beaucoup de ces pistes n'existaient pas quand j'ai commencé les levés géologiques.

Cartographie

Fond topographique

Jusqu'en 1957, le fond topographique utilisé pour les levés était constitué par les cartes provisoires au 1/200 000 du Service Géographique de l'A.O.F. :

- feuille Koudougou ND - 30 - IV (édition de 1946);
- feuille Ouagadougou ND - 30 - V (édition de 1946);
- feuille Boulsa ND - 30 - VI (édition de 1948);
- feuille Ouahigouya ND - 30 - X (édition de 1946);
- feuille Kaya ND - 30 - XI (édition de 1949);
- feuille Pissila ND - 30 - XII (édition de 1949);
- feuille Douentza ND - 30 - XVI (édition de 1952).

La valeur de ces cartes est assez inégale; certains secteurs sont complets, d'autres plus ou moins complets, d'autres erronés; le relief n'est pas indiqué dans les feuilles Ouagadougou et Boulsa; le tracé des routes est assez bon, mais la plupart des pistes ne figurent pas, car elles n'existaient pas au moment où l'on a édité ces cartes.

Lors de mes levés de carte géologique, j'ai complété et amélioré les cartes topographiques existantes.

J'ai pu disposer, à partir de 1955, de la nouvelle feuille Ouahigouya, et, à partir de 1958, des esquisses planimétriques obtenues par exploitation de la couverture aérienne verticale :

- | | |
|------------------|------------------|
| Feuille Douentza | ND - 30 - XVI; |
| Feuille Djibo | ND - 30 - XVII; |
| Feuille Dori | ND - 30 - XVIII. |

Ces dernières sont muettes mais elles constituent un excellent fond topographique.

Enfin, pour la publication, je disposais non seulement des huit esquisses planimétriques (1958) et de la coupure régulière Ouahigouya (1955), mais j'ai pu profiter également des nombreux renseignements que me fournirent sur le terrain les équipes de complètement du Service Géographique.

Toponymie

La toponymie pose cinq problèmes différents :

- 1) Localisation des noms géographiques
- 2) Sélection des toponymes pouvant figurer sur la carte géographique
- 3) Homonymes
- 4) Synonymes
- 5) Orthographe des toponymes.

LOCALISATIONS DES NOMS GÉOGRAPHIQUES

Au Sud du 14^e parallèle, et surtout en pays mossi, la population est fréquemment répartie en de nombreux hameaux dispersés (qui, dans le pays, sont curieusement appelés « quartiers »). En effet, les Mossis préfèrent avoir leurs cases à proximité de leurs champs, même si cela les éloigne d'un point d'eau.

Cette dispersion gêne beaucoup le géographe : en effet, il arrive que les hameaux dépendant d'un même village soient répartis sur une centaine de kilomètres carrés (certains sont même éloignés de 15 ou 20 km de leurs chefs-lieux). Dès lors, quelle position doit-on donner au village sur la carte ? La question a été résolue en choisissant :

- 1) l'emplacement du point astronomique lorsqu'il y en a un (toutefois certains d'entre eux sont situés en dehors des villages);
- 2) l'emplacement du campement lorsqu'il y en a un (cependant, il peut arriver que le campement soit démoli ou soit reconstruit ailleurs);
- 3) un point moyen approximatif lorsqu'il n'y a pas de campement (on pourrait également indiquer la maison du chef, mais celle-ci peut changer);
- 4) les lieux habités temporairement (villages de culture, campements peuls, touareg ou bellas) sont indiqués avec un signe spécial.

Au Nord du 14^e parallèle, et surtout dans l'Oudalan, une autre difficulté se présente : un seul toponyme peut désigner plusieurs sites différents, par exemple une colline isolée ou une chaîne de montagnes, une dune, une mare, un oued et une dizaine de campements nomades (généralement inhabités), ou quelquefois un village, le tout réparti sur une centaine de kilomètres carrés.

SELECTION DES TOPONYMES POUVANT FIGURER SUR LA CARTE GÉOLOGIQUE

Au 1/50 000 ou au 1/100 000, on peut indiquer tous les villages et tous les hameaux. Au 1/200 000, les cartographes du Service Géographique ont quelquefois des difficultés pour faire figurer tous les noms de villages. Au 1/500 000, il est nécessaire de faire un choix, et ce choix est d'autant plus sévère que la géologie reste l'essentiel et la topographie ne doit être qu'un support permettant de déterminer l'emplacement des contours géologiques.

Dans la mesure du possible, j'ai donc choisi, pour figurer sur la carte, les différentes localités, dans l'ordre suivant :

- 1) les centres administratifs : capitale d'Etat, chefs-lieux de cercle, de subdivision, postes administratifs, chefs-lieux de canton;
- 2) les villages dont l'indication est utile pour le repérage de la géologie;
- 3) les villages possédant un campement;
- 4) la plupart des villages de plus de mille habitants;
- 5) dans les régions où l'acartement moyen des localités portées sur la carte par application des quatre principes précédents est supérieur à 15 km, j'ai ajouté quelques autres villages, de façon à amener cet écartement moyen à 15 km environ.

Il n'a malheureusement pas été possible de faire figurer sur la carte tous les noms cités dans le texte.

Outre les noms de lieux, quelques noms de grandes régions ont été indiqués (Ganzourgou, Yatenga, province de Boussouma, etc.) ainsi que quelques noms de cantons (Oudalan, Liptako, Riziam, Conquistenga, etc.). Quant aux noms locaux des petits cours d'eau, il a semblé préférable de ne pas en tenir compte, car ils changent fréquemment d'un endroit à l'autre.

HOMONYMES

Beaucoup de toponymes sont propres à un seul village, mais il existe aussi un grand nombre d'homonymes. Il est rare que dans un canton mossi on ne trouve pas :

- un *Béndogo* « endroit où l'on fabrique des tam-tams »;
- un *Sigui Nvoussé* « descends (de cheval) pour te reposer »;
- un *Zéréderin* ou *Zéghedghin* « endroit situé près d'une falaise de latérite »;
- un *Nabmassa* ou *Dimmassa* « le chef (le roi) s'est mis à l'ombre »;
- un *Nabmanegham* ou *Namaneram* « le chef a arrangé (la palabre) », etc.

Il y a également de nombreux *Tampelgha* (montagne blanche), *Pissi* (les granites), *Touéghin* (près du baobab), *Imiougou* (maison rouge), *Ipala* (maisons neuves) et plusieurs *Santaba*, *Ouahigouya*, *Pouessé* (les ordalies), *Sacoinsé* (obéis aux méchants).

On peut évidemment les distinguer en précisant à chaque fois : cercle de ..., ou canton de ..., mais cela surcharge beaucoup le texte. On peut essayer aussi d'orthographier différemment les noms de chaque village. Le Service géogra-

phique a fait un bel effort en 1955 en donnant quatre orthographes différentes pour le même nom (Kolonkwom, Kol-kouom, Kolonkoum, Kolokom), dans la feuille Ouahigouya. Mais, s'il est relativement facile d'écrire Nongofayeré et Nongofaéré, Kalyo, Calio et Callio, Gourcy et Gourci, Wattnoma et Watinoma, Sénokaye et Senokael, Kouri et Koury, etc., il est beaucoup plus difficile de trouver sept orthographes différentes pour Sérédin.

En pratique, j'ai utilisé les deux solutions et, dans la mesure du possible, je me suis efforcé d'éviter les noms communs à plusieurs lieux.

SYNONYMES

Très souvent, lorsqu'un village est habité par des peuples de deux races différentes, il a un nom dans chaque langue. Les deux noms peuvent être absolument différents (par exemple : Tanema et Gouanna, en langues bisca et möré; Zéoua et Sapala, en langues samo et lélé) ou des formes différentes du même nom (exemples : Silgaha et Silgadji, en langues fouldé et foulfouldé; Dhemnoëndé, Dhemnoëllé et Dhemniouinndiol, en langues fouldé, möré et foulfouldé). Les noms des chefs-lieux eux-mêmes ne sont pas à l'abri de ces variations linguistiques : Dori s'appelle Dimmaré en langue möré, et Fada Ngourma, Bioungo. Dans ce cas, le cartographe se doit d'employer le nom qui est couramment utilisé par la majorité de la population.

Il arrive aussi qu'un marché ait un nom différent du village lui-même; par exemple, Namsiguia est le nom du marché de Kirigtenga, Kamsaongho est le nom du marché de Foulla.

ORTHOGRAPHE DES TOPONYMES

Jusqu'à présent, la plus grande liberté a toujours régné dans la façon d'écrire les toponymes : l'orthographe administrative est différente de celle des missions catholiques et les cartes du Service Géographique en fournissent une troisième. Le cachet de la poste est parfois différent de celui du commandant de cercle.

En août-septembre 1956, une commission de toponymie s'est réunie au Service Géographique de l'A.O.F. pour tenter d'homogénéiser et de normaliser l'orthographe des toponymes d'Afrique Noire. Cette commission a d'abord envisagé une orthographe purement phonétique (proche de celle des Pères Blancs). Parfaite en théorie, elle présente l'inconvénient de ne pouvoir être lue que par des personnes connaissant les principes qui ont présidé à sa définition. Aussi la commission a-t-elle renoncé à l'orthographe phonétique, pensant à juste titre qu'une carte doit pouvoir être lue par tout le monde et non pas seulement par des linguistes.

La commission a alors proposé un certain nombre de règles simples, valables pour toutes les langues d'Afrique Noire; mais elle s'est vite heurtée à des difficultés car une règle qui est pratique dans une langue peut conduire à des impossibilités dans une autre langue. Aussi la commission a-t-elle été amenée à admettre un certain nombre d'exceptions qui ont eu pour effet de compliquer les règles initiales, et finalement ses résolutions n'ont pas été observées.

Me plaçant sur un plan purement pratique, j'ai préféré *orthographier les toponymes de telle façon qu'un lecteur n'ayant jamais étudié la phonétique puisse, sur le terrain, lire des noms sur la carte, comme s'il s'agissait de noms français, et avoir des chances de se faire comprendre des habitants*. Les grandes règles de la prononciation de la langue française sont donc admises.

En particulier AN, IN, ON, ont le même son qu'en français (exemples : Santaba, Pinsa, Donsé).

Lorsqu'il ne s'agit pas d'une voyelle nasalisée, la lettre N est doublée (exemples : Dalingga, Aribinnda, Lonnti). Cependant, dans l'Oudalan, j'ai écrit, pour conformer à l'usage, « In » et « Tin » les particules qui se prononcent « Inn » et « Tinn ». Exemple : Tin Akof.

EN qui n'a pas toujours le même son en français, doit se prononcer comme dans « pène » (exemples : Tenkodogo, Conquistenga).

A l'exception des digrammes CH, DH, GH, la lettre H est aspirée (exemples : Houbé, Pèlehonté), y compris aux endroits où on s'y attend le moins (exemples : Bahniaga, Dahla, Nahré-tenga). Cependant, pour me conformer à l'usage établi, j'ai conservé la lettre H dans le nom « Ouahigouya », bien qu'en réalité il n'y ait pas d'aspiration. De même, j'ai conservé l'orthographe classique du nom « Pissila », alors que, si l'on voulait respecter la prononciation indigène, il faudrait écrire ce nom avec un H aspiré.

Le digramme CH (rare) se prononce comme dans le français « chat » (exemple : Abchouya).

Le digramme DH (rare) correspond au TH anglais doux (exemple : Dhemniouinndiol).

Le digramme GH (très fréquent) correspond au R grasseyé du français (exemples : Bélogho, Silgagha, Korsimogho). Cependant, pour alléger l'orthographe, tout en me conformant à l'usage établi, j'ai, dans les groupements OGHO, supprimé la lettre H lorsque le premier O est muet ou inaccentué (exemples : Yalogo, Bélogotenga); de même GH a été remplacé par R lorsqu'il n'y avait pas d'ambiguïté (exemples : Zérédérin, au lieu de Zéghédéghin).

La lettre W représente le son du W anglais (comme dans « kilowatt »). Toutefois, ce son est généralement représenté par le digramme OU (exemple : Ouagadougou), et la lettre W n'est utilisée que lorsque l'emploi du digramme OU conduirait à une ambiguïté (exemples : Tawremba, Boulwrado, Hanwi). Dans certains cas, lorsqu'elle n'est pas nécessaire à la prononciation, la lettre W a été supprimée (exemples : Koedogo au lieu de Kowedogo; Dhemnoëndé au lieu de Dhemnowendé).

APERÇU GÉOLOGIQUE

PROVINCE BIRIMIENNE

La région étudiée est un fragment de socle faisant partie de l'immense bouclier africain. Entre Jos (Nigéria) et Conakry, celui-ci affleure sur quelque 2 500 km. Trois grands systèmes y ont été définis :

Tarkwaïen (*Précambrien supérieur*) : environ 1 800 millions d'années.

Birrimien (*Précambrien moyen*) : plus de 2 milliards d'années.

Dahomeyen (*Précambrien inférieur*) : plus de 3 milliards d'années (1).

Le métamorphisme atteint la zone des gneiss inférieurs dans le Dahomeyen; par contre, dans le Birrimien et dans le Tarkwaïen, il est limité à la zone des micaschistes supérieurs. On connaît, dans le Dahomeyen, d'importantes formations migmatitiques qui affectent les zones des gneiss, mais les véritables granites anté-birrimiens sont exceptionnels. Au contraire, le Birrimien est caractérisé par des venues granitiques (2) souvent plus importantes que les restes de formations métamorphiques que nous pouvons observer à l'heure actuelle. Enfin, il existe très peu de granites tarkwaïens ou post-tarkwaïens mais les roches basiques post-birrimiennes sont fréquentes.

La partie orientale du bouclier (Dahomey, Togo, Sud-Est du Ghana) est surtout constituée par des terrains dahomeyens; elle a reçu le nom de « province nigérienne » (G. ARNAUD, 1945); ce qualificatif se justifie si l'on y englobe le Nord-Ouest de la Nigéria. La « province atlantique », partie occidentale du bouclier (Guinée, Sierra Léone, Libéria) comprend des formations dahomeyennes et birrimiennes. Enfin, la partie centrale, composée de la Côte-d'Ivoire (en entier), de la plus grande partie de la Haute-Volta et des régions Sud-Ouest du Mali et du Ghana, est essen-

1. Ages approximatifs, d'après R. FURON (1958) et (1960).

2. Récemment, M. BONHOMME (1961) a déterminé, par la méthode du strontium, l'âge absolu des biotites provenant d'une migmatite et d'un granite du Sud de la Haute-Volta (batholite de Bouna). Les résultats sont les suivants :

2 057 $\pm$ 69 m. a. pour la migmatite;

2 032 $\pm$ 46 m. a. pour le granite.

tiellement birrimienne (granites et formations métamorphiques), ce qui lui a valu le nom de « province birrimienne »; on y observe cependant des lambeaux de Tarkwaïen (1) dans des synclinaux, mais le Dahomeyen y était inconnu jusqu'à ces dernières années (2).

Dans le Nord et l'Ouest de la Haute-Volta et au Mali, le bouclier disparaît sous des formations paléozoïques (3) ou infracambriennes; au Ghana également, il est localement recouvert par des formations gréseuses horizontales connues sous le nom de Voltaïen.

La région que nous étudions est située dans la « province birrimienne »; aussi, il me paraît nécessaire d'exposer brièvement l'histoire des études géologiques qui ont été faites dans cette province.

Historique de l'étude géologique de la province Birrimienne

Les premières études (avant 1930)

L'ancienne Côte de l'Or britannique, connue depuis longtemps pour ses gisements d'or, a la première en Afrique occidentale, suscité des études géologiques. A. W. SAWYER (1901) définit la « Série de Tarquah » composée de deux formations concordantes :

- a) Une formation argilo-schisteuse faiblement arénacée (environ 300 m de puissance);
- b) Une formation de grès et quartzites comprenant le conglomérat aurifère (1 250 à 2 500 m au total).

A.E. KITSON (1918) définit la « Série de la Birrim » composée de sédiments aurifères. Plus tard, ce terme est étendu à un ensemble de phyllades, ardoises, graviers et roches volcaniques associées.

Vers la même époque, en territoire français, H. HUBERT (1919) distingue deux grandes séries : des « schistes cristallins » (principalement des ortho-gneiss, largement représentés en Côte d'Ivoire, Haute-Volta, Togo et Dahomey) et des « schistes et quartzites redressés » (schistes micacés ou ardoisiers, phyllades, quartzites, etc.) dont les plans de schistosité sont souvent relevés jusqu'à la verticale. Etant recouvertes en discordance par les « grès siliceux horizontaux » où J. H. SINCLAIR (1918) a découvert des Graptolites gotlandiens en Guinée française, elles sont nécessairement anté-gotlandiennes et même vraisemblablement anté-siluriennes.

Dans un bulletin d'ensemble, A.E. KITSON (1928) décrit, en Gold Coast, de haut en bas :

- un « système voltaïen » d'environ 300 mètres de puissance, composé de grès, schistes, argiles et conglomérats, s'étendant sur le bassin de la Volta,
- un « système akwapimien » formé de schistes rouges et ocre, de phyllades, de grès et de quartzites à hématite (chaîne d'Akwapim et Monts Togo);
- un « système tarkwaïen » (ancienne « série de Tarquah ») formant deux grandes bandes allongées NE-SW; on le suppose plus ancien que le précédent;
- un « système birrimien » comprenant des schistes, phyllades, quartzites en plaquettes, calcaires, grès et conglomérats, avec leurs équivalents métamorphiques, schistes divers, quartzites, cornéennes et para-gneiss. Les roches ignées interstratifiées sont transformées en amphibolites, schistes à hornblende et à actinote, pyroxénites, etc... Des granites à biotite et à muscovite d'âge pré-tarkwaïen sont intrusifs dans les roches précédentes.

Sous le nom d' « Archéen », A.E. KITSON décrit une série d'ortho- et de para-gneiss et de schistes de compositions variées, dont certains grenatifères, avec des marbres à tremolite, des quartzites et quelques intrusions. Il affirme que ce sont les plus anciennes roches de Gold Coast, mais il ne pense pas devoir les séparer du Birrimien.

L'année suivante, C.A.L. WHITELAW (1929) définit et décrit le « système tarkwaïen ».

1. Ce système n'est complet qu'au Ghana où il a été défini.
2. Découverte de fragments de cratons migmatitiques antébirrimiens en Côte d'Ivoire (M. ARNOULD, 1961).
3. Les adjectifs « primaire », « secondaire », « tertiaire » pouvant être employés dans des sens très différents de leur signification stratigraphique (exemples : « latérite primaire », par opposition à « latérite remaniée », « minéral secondaire » synonyme de « minéral de néoformation »), il semble préférable, pour éviter toute confusion, de n'utiliser en stratigraphie que les mots « paléozoïque », « mésozoïque » et « cénozoïque ».

Les premières synthèses (de 1930 à 1940)

En A.O.F., H. HUBERT (1932) considère comme « Algonkien » « l'ensemble des séries métamorphiques postérieures aux « roches éruptives, gneiss et micaschistes (attribuées à l'Archéen) » et les subdivise en quatre séries :

- « d) quartzites, parfois micacés, formant une longue bande du Niger au Golfe de Guinée (Dahomey et Togo);
- « c) conglomérats métamorphiques de Côte d'Ivoire, comparables au Tarkwaïen de Gold Coast;
- « b) schistes micacés et phyllades comparables au Birrimien de Gold Coast;
- « a) schistes feldspathiques et arkoses se rapprochant des types gneissiques, particulièrement observés au Togo. » (1).

Ces quatre séries reposent sur des gneiss « considérés comme représentant les termes les plus anciens d'Afrique occidentale, du fait de leur constitution lithologique d'une part, et de l'intensité des actions tectoniques dont ils ont été l'objet d'autre part. Le terme d'Archéen est celui qui paraît convenir le mieux à l'ensemble de la série, étant entendu toutefois qu'on ne lui attribue ici qu'une valeur locale » (2).

Dans une synthèse des travaux des géologues d'A.O.F., P. LEGOUX (1939) renonce aux termes « schistes et quartzites redressés » et « schistes cristallins » et assimile certaines formations des territoires français au Birrimien et au Tarkwaïen de Gold Coast; en même temps, adoptant les vues des géologues britanniques, il pense que les *venues granitiques* d'âges divers sont *intrusives dans les séries métamorphiques*. Il groupe, sous le nom de « séries intermédiaires plissées », le Tarkwaïen découvert en Haute-Volta par J. SAGATZKY en 1931 (3) et en Côte-d'Ivoire par L. BOUIGE et D. BONNAULT (1938), le « système de la Falémé » qui affleure au Sénégal et en Guinée et se prolonge en Sierra Léone sous le nom de « série de la Rockell », les systèmes de Togo-Atacora et de Buem et enfin les séries de Hombori-Douentza et de Labbézenga qui ont été étudiées, dans la boucle du Niger, par plusieurs géologues (R. CHUDEAU, V. PÉRÉBASKINE, N. RÉFORMATSKY, S. SERPOKRYLOW).

Vers la même époque, N.R. JUNNER présente une synthèse de la géologie de la Gold Coast (1940). La division essentielle du Précambrien en Birrimien et Tarkwaïen est maintenue. Le Birrimien est maintenant « subdivisé en une série inférieure comprenant des schistes ardoisiers, des phyllades, des grauweekes, des tufs et des laves, avec des schistes et des gneiss dérivés de ces roches et une série supérieure de roches vertes qui sont principalement des laves neutres ou basiques métamorphisées et des roches pyroclastiques, avec des roches ignées hypabyssales et des bandes intercalées de phyllades et de grauweekes. Des bandes continues de phyllade manganésifère et de gondite (roche quartzreuse à grenat manganésifère) se trouvent à un horizon pratiquement constant dans le Birrimien supérieur en divers points de la Gold Coast » (4).

La stratigraphie du système tarkwaïen s'établit maintenant comme suit :

grès de Huni.....	500 à 1 500 m
phyllade de Tarkwa.....	50 à 300 m
série du Banket.....	450 à 500 m (avec conglomérat aurifère)
groupe de Kawere.....	200 à 250 m

L'auteur distingue une tectonique birrimienne antétarkwaïenne et une tectonique tarkwaïenne plus douce mais dont les plis ont des axes parallèles aux précédents. De grands batholites de granite et de granodiorite des types « Cape Coast » et « Winneba » (ce dernier porphyroïde) sont contemporains de la tectonique birrimienne, cependant que des venues moins abondantes et plus sodiques (type « Dixcove ») traversent souvent les formations comme à l'emporte-pièce et semblent postérieures. Les roches intrusives post-tarkwaïennes, au contraire, sont généralement basiques (gabbro, norite, troctolite), rarement acides (rhyolite, syénite) et il n'y a pas de grandes venues granitiques.

A la base du Birrimien, N.R. JUNNER désigne sous le nom d'« Archéen » un ensemble de gneiss et de micaschistes dont beaucoup sont riches en grenat, hornblende, pyroxène et biotite; mais il n'en fait pas un système distinct.

Au-dessus du Birrimien, reprenant les idées exprimées autrefois par W. KOERT (1910) au Togo, il divise en deux

1. Citation de R. FURON. — Lexique stratigraphique international, publié en 1956 par le C.N.R.S. — Volume IV Afrique, fascicule 2, p. 55.

2. Citation de H. HUBERT (1932) op. cit. p. 208.

3. J. SAGATZKY (1937). — Le système tarkwaïen en Haute-Volta. — C.R. Ac. Sc. t. 205, p. 1425 (27 décembre 1937).

4. Citation de N.R. JUNNER, op. cit. p. 7.

l'ancien « système akwapimien » de A.E. KITSON, nommant la série supérieure » formation de Buem « et réservant le terme « Akwapimien » pour la série plus ancienne composée essentiellement de grès-quartzites et de quartzites.

La géologie ouest-africaine sous l'influence de M. ROQUES (après 1940)

Les années suivantes, les géologues d'Afrique occidentale poursuivent leurs levés locaux, et M. ROQUES, mettant à profit les observations qu'il a faites en divers points d'A.O. F., de Gold Coast et de Nigéria, et surtout dans la boucle du Niger (1945), peut présenter une synthèse du Précambrien Ouest-africain (1948) qu'il reprend l'année suivante dans une carte géologique d'ensemble de l'A.O.F. (1949).

L'ensemble précambrien, discordant sous les « grès siliceux horizontaux » à stromatolites, est divisé en quatre systèmes :

- 4) Falémien
- 3) Tarkwaïen
- 2) Akwapimien et Birrimien
- 1) Dahomeyen

Le Falémien, défini au Sénégal, n'est pas métamorphique, est modérément plissé et discordant sur le Birrimien et le Tarkwaïen. La série de Hombori-Douentza au Soudan, et le Buem au Dahomey-Togo sont assimilés au Falémien.

Le Tarkwaïen est faiblement métamorphisé, fortement plissé et n'est pas granité. M. ROQUES le parallélise avec le Nigritien du Sahara.

Le Birrimien, qu'il divise comme N.R. JUNNER en niveau supérieur et niveau inférieur, est identifié en Côte d'Ivoire et en Haute-Volta où il affleure largement ; il est métamorphisé, plissé et granité.

Fait important, l'Akwapimien de Gold Coast et du Togo qui, au Dahomey, constitue la chaîne de l'Atacora, est assimilé à la « série d'Ansongo » du Soudan et considéré comme concordant sous le Birrimien inférieur.

Enfin, l'ancien « Archéen », devenu « Dahomeyen », composé de roches métamorphiques « profondes » et de migmatites, affleure essentiellement au Dahomey mais il a été observé également, en discordance sous l'Akwapimien, au Soudan (gneiss de Bourré), au Sénégal (micaschistes de Thiagnaf) et en Guinée.

Ainsi que le pressentaient Th. MONOD et J. RICHARD-MOLARD (1950) (1), le tableau fourni par M. ROQUES a longtemps servi de cadre aux travaux des géologues d'Afrique occidentale.

HAUTE-VOLTA

Travaux géologiques antérieurs

Après ce rapide historique des recherches géologiques dans la province birrimienne, disons quelques mots des travaux des différents géologues qui, depuis le début du siècle, se sont intéressés à la Haute-Volta et aux régions maliennes voisines de celle-ci.

H. HUBERT

Fondateur du Service Géologique de l'A.O.F., il parcourt, de 1908 à 1910, quelque 800 km d'itinéraires dans la région qui nous intéresse, dont environ la moitié hors des grandes routes. Il complète ses observations personnelles par de nombreux renseignements provenant de personnalités diverses.

Dans la notice de sa carte géologique (1926), il distingue deux grandes séries : des « schistes

1. Op. cit. p. 524.

cristallins» (principalement des ortho-gneiss) et des « schistes et quartzites redressés » (comprenant essentiellement des schistes micacés, car les quartzites sont rares). Ceux-ci sont considérés comme plus récents que les « schistes cristallins ».

H. HUBERT reconnaît l'existence de granites intrusifs et de roches éruptives basiques; les uns et les autres sont postérieurs aux « schistes cristallins » mais leurs relations avec les « schistes et quartzites redressés » ne sont pas connues.

S. SERPOKRYLOW

Il étudie, de 1931 à 1933, les terrains sédimentaires des cercles de Douentza et de Bandiagara. Dans la notice de sa carte (1934), il reconnaît l'existence d'une assise gréseuse sub-horizontale surmontant au Nord les terrains cristallins; il la nomme « grès de Tondigaria » (1). Au Nord-Ouest d'Ouahigouya, par contre, cette assise n'affleure pas et le socle cristallin est recouvert directement par les « formations du Gondo » argilo-sableuses, que, par analogie avec les « grès argileux du Niger », l'auteur considère comme « peut-être mio-pliocènes ».

J. SAGATZKY

De 1931 à 1937, il lève les feuilles Tenkodogo-Est et -Ouest situées au Sud du 12° parallèle; il parcourt également quelques itinéraires au Nord de ce parallèle (renseignements oraux). Guidé par les progrès des géologues de Gold Coast et d'A.O.F., J. SAGATZKY (1946, 1947, 1954) attribue les « schistes et quartzites redressés » de H. HUBERT au « Système Birrimien » défini en 1928 par A.E. KITSON. Les « schistes cristallins » de H. HUBERT, désormais désignés sous le nom de « granito-gneiss » sont d'abord assimilés à l'Archéen douteux de Gold Coast.

Suivant les évolutions des idées des géologues de Gold Coast (en particulier N.R. JUNNER, 1940) et de la majorité des géologues d'A.O.F., J. SAGATZKY admet par la suite que la plus grande partie des « granito-gneiss » doivent être rattachés aux venues acides post-birrimiennes; cependant il croit toujours à l'existence d'un archéen granito-gneissique qui, malheureusement, n'a jamais été observé en discordance sous le Birrimien.

Il reconnaît l'existence de granites intrusifs. Il admet que les roches éruptives neutres et basiques ne sont pas toutes du même âge; certaines sont birrimiennes, d'autres postbirrimiennes ou « posthuroniennes », voire « post-primaires ». Cependant la distinction des différents âges de ces roches éruptives ne lui semble pas fondamentale : en effet, bien que ces roches soient représentées sur la carte par des symboles différents, elles sont toutes figurées par la même teinte et elles sont étudiées dans le même chapitre du Bulletin.

Il observe dans les feuilles Tenkodogo-Ouest et -Est, quelques formations arénacées qu'ils assimile au « Système Tarkwaïen ».

Enfin, en 1940 et 1941, il recherche l'or et la cassitérite dans les vallées de la Volta Blanche, et de ses affluents, entre Tanema et Gaongho. Il trouve une teneur d'or intéressante et des traces de cassitérite mais la prospection doit être arrêtée par suite de l'état sanitaire déplorable des travailleurs.

L. BAUD.

Il lève, en 1940-41, une carte géologique sommaire dans la partie centrale du cercle de Kaya,

1. Ce sont nos actuels « grès de bordure ».

fait des recherches hydrogéologiques, et prospecte l'or et divers minéraux dans la même région. Il observe (1941) que les « granito-gneiss » sont beaucoup plus étendus que ne l'indiquait H. HUBERT ; il pense qu'ils sont antérieurs aux « schistes birrimiens redressés » et qu'ils représentent le « socle ancien » ; cependant, il admet l'existence de quelques granites intrusifs. Il attribue quelques arkoses schisteuses au système tarkwaïen. Il admet, pour les roches basiques, trois origines possibles : les unes sont postérieures aux schistes et aux arkoses ; d'autres, très métamorphisées, peuvent provenir du laminage de roches éruptives basiques ; d'autres lui semblent dues au métamorphisme des « schistes redressés » sous l'influence d'un magma intrusif basique. Cependant, toutes ces roches basiques sont cartographiées ensemble.

Il signale (1942) la présence d'or libre dans les roches basiques du cercle de Kaya ; il observe, en outre, quelques indices de graphite, manganèse, bauxite.

M. ROQUES.

Il fait en 1943 la coupe du Niger, de Gao à Tillabéry, puis plusieurs itinéraires dans le Liptako, l'Oudalan et le Gourma (1). Dans sa note fondamentale (1945), il distingue essentiellement les « formations du Gourma » (au Nord) et les « formations du Liptako » (au Sud), séparées sur le terrain par une bande Est-Ouest, voisine du 15^e parallèle, nommée « série de Hombori-Douentza ».

Les *formations du Gourma* comprennent, du Nord au Sud, et de bas en haut, une « série d'Ansongo » quartzreuse, suivie, en concordance, par une « série de Labbézenga » essentiellement schisteuse (base : chloritoschistes et séricitoschistes — sommet : schistes rouges tufacés d'Ydouban, et calcaires sombres de Dimamou). Toutes deux sont plissées et métamorphisées dans la zone des micaschistes supérieurs.

Parmi les *formations du Liptako*, M. ROQUES distingue une « série de Yatakala », composée essentiellement d'amphibolites, de tufs volcaniques, de schistes séricitieux et de quartzites, le plus souvent interstratifiés, métamorphisés dans la zone des micaschistes supérieurs et fortement plissés ; et des « granites du Liptako », en majeure partie migmatitiques, et postérieurs à la série précédente.

Il existe des filons de gabbros doléritiques postérieurs aux « formations du Liptako ».

Enfin, la *série de Hombori-Douentza* comprend essentiellement des jaspes, des phanites, des quartzites et des grès localement conglomératiques ; elle est recouverte en concordance, vers le Nord, par les « schistes de Yassane », rouges, argileux, à hématite.

La discordance de la « série de Hombori-Douentza » sur les « formations du Liptako » est visible en plusieurs endroits, notamment à Firgoun (ou Firkoum) sur le Niger. « La discordance de la « série de Hombori-Douentza » sur celle de Labbézenga est beaucoup moins apparente. Sur le Niger, en tous cas, il semble bien qu'un accident tectonique important sépare les schistes de Yassane de ceux de Labbézenga. C'est beaucoup plus à l'Ouest... que l'on peut, sinon voir, du moins pressentir la discordance » (2). Considérant que la « série de Hombori-Douentza » est affectée par une tectonique assez douce et n'est pas métamorphique (alors que les séries d'Ansongo et de Labbézenga sont plissées et métamorphisées dans la zone des micaschistes supérieurs) et se basant malgré la distance (de 600 à 1 000 km), sur des similitudes de faciès, M. ROQUES propose l'échelle stratigraphique suivante (3) :

1. *Gourma*, région située sur la rive droite du Niger, au Nord du parallèle 15°. La rive gauche du Niger est désignée sous le nom de « rive Haoussa ».

2. M. ROQUES (1945) op. cit. pp. 539-540.

3. M. ROQUES (1945) op. cit. p. 545.

	<i>Boucle du Niger</i>	<i>Togo-Dahomey, Gold Coast</i>
Intermédiaire :	Série de Hombori-Douentza.....	Buem
Système	(Granite du Liptako).....	(Granite de Cape Coast)
Birimien	Série de Yatakala.....	Birimien supérieur
Atacora	Série de Labbézenga.....	Birimien inférieur
	Série d'Ansongo.....	Série de l'Atacora (= Akwapimien)
Archéen	Granite métamorphique de Bourré.....	Archéen

J. DELORME.

Il étudie, en 1950-51, l'Oudalan, le Nord du Liptako et le canton d'Aribinnda. Il distingue (1951) :

1° Des lambeaux de séries cristallophylliennes composées essentiellement de schistes micacés, de quartzites, d'amphibolites et de schistes amphiboliques : à l'Ouest, « série de Guesselna » plus amphibolique; à l'Est, « série de Sirkango » plus schisteuse. Ces deux séries sont parallélisées avec la « série de Yatakala » définie par M. ROQUES;

2° Un fond granitique hétérogène assimilé au « granite du Liptako », sur lequel flottent les lambeaux précédents;

3° Des massifs nombreux et sans doute assez peu étendus de roches basiques associées aux séries précédentes ou granitisées;

4° De petits massifs de roches basiques plus récentes;

5° Plusieurs batholites de granites « en massifs circonscrits », dont certains sont alcalins;

6° Au Nord, une série non métamorphique recouvrant en discordance les terrains cristallins; n'étant pas certain de la continuité de cette série avec les formations de Hombori-Douentza, J. DELORME préfère la nommer « série du Béli »;

7° Enfin, J. DELORME fait une place à part à une série non métamorphique ou faiblement métamorphique, composée de schistes argileux et de grès feldspathiques ou conglomératiques. Cette « série de Gaïgou » semble présenter une faible discordance cartographique avec la série de Sirkango voisine.

P. MASCLANIS.

Sa thèse (1955, publiée en 1958) apporte, dans la région qui nous intéresse, quatre modifications importantes aux idées précédemment admises :

1° La « série du Béli » est considérée comme un placage sur les « schistes de Yassane »;

2° La « série de Gaïgou » perd son individualité et est englobée dans la « série de Yatakala »;

3° La « série de Yatakala » est largement étendue vers l'Est et vers le Sud;

4° Enfin, et surtout, P. MASCLANIS considère les « formations du Gourma » comme postérieures aux « formations du Liptako »; en effet (1) :

«a) La série de Labbézenga, géographiquement juxtaposée à la série de Yatakala... n'est pas granitisée, alors que la série de Yatakala l'est abondamment;

1. P. MASCLANIS, op. cit. p. 30.

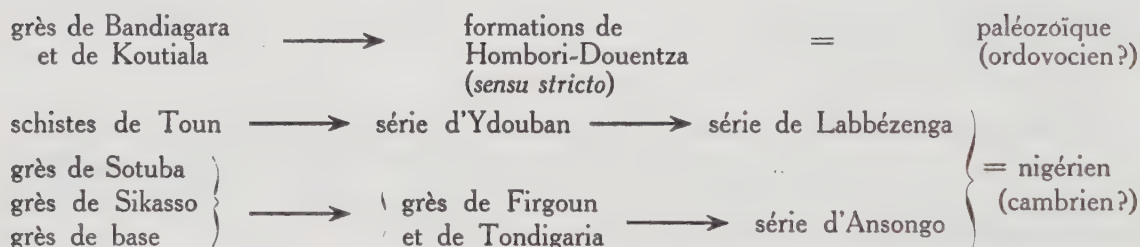
b) La série de Yatakala est pénétrée de roches vertes (anciennes coulées de laves), alors qu'on n'en observe absolument aucune dans la monotone série de Labbézenga;

c) Il existe une discordance tectonique frappante entre les formations du Liptako et celles du Gourma :

- En effet la série de Yatakala est, en général, orientée N.NE-S.SW et subverticale;
- La série de Labbézenga (et toutes les autres séries du Gourma) est orientée W.NW-E.SE, avec un pendage de 10° vers le Nord au contact avec la série de Yatakala. »

M. DÉFOSSEZ, G. PALAUSI ET H. RADIER.

Dans une nouvelle interprétation des séries de la boucle du Niger (1957), ils définissent un « système nigérien » composé des séries d'Ydouban, de Labbézenga et d'Ansongo et reposant en discordance sur les formations du Liptako. La base de ce système est constituée par les « grès du Béli » identiques aux « grès de Tondigaria » qui affleurent plus à l'Ouest. Les séries d'Ansongo et de Labbézenga sont respectivement les équivalents métamorphiques des grès de Firgoun et des schistes d'Yboudan-Yassane. La série de Hombori-Douentza perd son individualité : la partie orientale (grès de Firgoun) est rattachée aux « grès du Béli », cependant que la partie occidentale devient l'équivalent des « grès horizontaux » supérieurs (paléozoïques). La succession est donc la suivante :



Enfin, récemment, M. DÉFOSSEZ (1958) rétablit l'individualité de la partie occidentale de la série de Hombori-Douentza (de Douentza à Kabiya). Cette série qui ne comprend pas les grès de Firgoun constitue le niveau supérieur du système nigérien.

APERÇU DES FORMATIONS GÉOLOGIQUES DE LA RÉGION ÉTUDIÉE

La région étudiée comprend tout d'abord des formations métamorphiques attribuées, selon toute vraisemblance, au système birrimien. Pour la commodité de l'exposé, je les divise en deux groupes : *groupe de Riziam* et *groupe de Dacula*. Je précise que cette répartition n'a aucune signification stratigraphique et qu'en particulier je n'établis aucune corrélation avec le Birrimien inférieur et le Birrimien supérieur.

D'autres formations métamorphiques, d'extension peu importante, seront rattachées, avec doute, au Dahomeyen, à l'Atacorien, au Tarkwaïen, au Falémien (1) ou à l'Infracambrien. Leur

1. Dans une thèse soutenue récemment, C. BENSE a montré que, en Mauritanie tout au moins, le système falémien n'a pas d'individualité.

répartition géographique me permet de les diviser en trois séries : *série de Bamga*, *série de Tourcoingbam* et *série de l'Oudalan oriental* (voir carte structurale au 1/1 000 000, en pochette).

Les importantes venues granitiques présumées birrimiennes seront divisées en *roches calcoalcalines* et *roches alcalines*. Dans le premier de ces groupes, une distinction sera faite suivant le mode de gisement : concordant ou discordant; cette distinction subsiste à un moindre degré parmi les roches alcalines.

J'étudierai ensuite, sous le nom de *plagioclisolites*, quelques venues basiques post-birrimiennes.

Enfin, bien que les *formations sédimentaires* soient hors du sujet de ce mémoire, il me paraît préférable d'en dire quelques mots au début de cet aperçu géologique.

Les formations sédimentaires

Le socle cristallin et métamorphique est recouvert en discordance, au Nord et au Nord-Ouest, par des formations sédimentaires appartenant au *système nigérien* et au *Continental terminal*. En outre, dans l'ensemble de la région étudiée, les affleurements de socle sont en partie masqués par des *formations récentes* (latérite, dunes, alluvions).

Description

LE SYSTÈME NIGÉRIEN.

Au Nord-Est du cercle de Djibo, entre Koundiri et Oulfaré Diammé, les grès sub-horizontaux forment une falaise de quelques dizaines de mètres de hauteur dont l'abrupt est tourné vers le Sud-Sud-Est. Cette formation, dénommée *Tondigariol* est bien visible sur le terrain et sur les photographies aériennes. Au-delà de Koundiri, la falaise se prolonge vers l'Ouest-Sud-Ouest, mais sa hauteur diminue progressivement et, à l'Ouest de Bâne, il n'affleure plus. Entre Koundiri et Ditguiel, le Tondigariol marque la limite coutumière entre les cantons de Djibo et Baraboullé d'une part, Boni d'autre part; cette limite est devenue la frontière Haute-Volta - Mali.

S. SERPOKRYLOW (1934) décrit ces « grès inférieurs » ou « grès de Tondigaria » comme des « grès à grain fin ou à grain grossier, de couleur rose, jaune, rouge-brun et rouge-violet. Certains lits du grès grossier sont riches en oligiste et en grains verts qui peuvent être aussi bien de la glauconie que du silicate de fer » (1).

Cette formation est recouverte au Nord et au Nord-Ouest, soit par les « formations du Gondo » d'âge présumé cœnozoïque, soit par une épaisse série dolomitique (environ 85 m) surmontée par plus de 60 m de « grès schisteux micacés et schistes » (schistes de Toun).

A l'Est de Gountouré Niénié, au Nord de Saba (Oudalan), la falaise gréseuse reprend; on peut la suivre sans interruption vers l'Est, jusqu'à In Souas; au-delà du méridien 0°, les affleurements sont discontinus, mais on peut les observer jusqu'à l'Est de Firgoun sur le Niger.

En 1957, M. DÉFOSSEZ, G. PALAUSI et H. RADIER, quoique n'ayant pas observé de continuité d'affleurements entre les « grès de Tondigaria » et les « grès de Firgoun » (série du Béli) (2), considéraient ces deux assises comme homologues et les identifiaient aux « grès de base » définis par G. PALAUSI dans la région de Banfora.

1. Op. cit. p. 13.

2. Cette région est d'ailleurs d'accès particulièrement difficile : brousse d'épineux très touffue, où les sentiers et les points d'eau sont rares.

Cependant, des observations plus détaillées faites depuis 1957 par M. DÉFOSSEZ et moi-même montrent que les « grès de Firgoun » ne sont pas identiques aux « grès de Tondigaria » et que, d'ailleurs, ceux-ci sont composés de plusieurs niveaux superposés. D'autre part, dès 1958, G. PALAUSI séparait les « grès de Tondigaria » des « grès de Firgoun » et assimilait les premiers aux « grès de Sotuba », plus récents.

Après cette rétrospective, nous abordons la description des différents niveaux du « système nigérien ».

Les grès de Diouroum.

Ce sont des grès blancs ou de couleur claire, grossiers et friables, quelquefois feldspathiques, avec de rares passées conglomératiques en lentilles. On les observe au Nord-Est de Beldiabé, entre Gargani et In Guiguiten, au Nord de Beldiabé et de Bangao, à Fiti où ils sont surmontés par un grès blanc saccharoïde, au Nord d'Oursi et de Gargassa, et enfin, dans le cercle de Djibo, au Nord d'Yaléma et de Guioumo. Ce dernier est l'affleurement le plus occidental, mais M. DÉFOSSEZ (1) les a retrouvés au fond du sondage « Sourou I » et dans le puits de Diouroum (10 km S.S.W de Tougan).

Dans la région de Banfora, les « grès de base » décrits par G. PALAUSI (1958) (2) ont un faciès très voisin de celui des affleurements de l'Oudalan septentrional.

La puissance n'est pas connue; elle est probablement très variable et quelquefois nulle puisque les affleurements sont discontinus. Les pendages n'ont pu être observés que rarement : 13° vers le Nord à Fiti; 20° vers le Nord-Nord-Est à Kabiya.

Les grès de Firgoun.

Ce sont des grès blancs ou blonds, à grain moyen, à ciment parfois feldspathique, que P. MASCLANIS (1955) (3) a décrits à l'Est du méridien origine. Cet auteur signale à Firgoun un poudingue de base à petits galets de quartz et de quartzite, cependant qu'au Nord d'Yatakala le niveau de base « est un conglomérat à ciment grossier quartziteux, contenant des galets de quartz pouvant dépasser vingt centimètres ». A Firgoun, les couches de grès ont un léger pendage de 10° à 20° vers le Nord-Nord-Est.

Les schistes d'Yassane.

A l'Est du méridien 0°, ce sont essentiellement des schistes argileux, rouges ou violacés, avec bancs et lentilles d'hématite, de schistes tufacés, de grès arkosiques assez grossiers et d'intercalations jaspeuses. Ils forment les monts Gorotondi sur la rive nord du Béli. A l'Ouest du méridien 0°, on n'observe, au-dessus des grès de base, que des schistes violacés très sporadiques et peu épais.

La série dolomitique d'Irma.

Cette expression, due à M. DÉFOSSEZ (1957), désigne un ensemble de dolomies, de calcaires plus ou moins magnésiens, de jaspes et de quartzites calcédonieux, qui affleure à Tin Akof et en plusieurs autres endroits dans le Séno, mais qui est surtout connu par les sondages. Sa puissance a été reconnue sur plus de 150 m au sondage d'Irma, mais, selon Y. CRENN (communication verbale), elle peut atteindre plusieurs centaines de mètres, peut-être mille.

1. Sauf mention contraire, les renseignements dus à M. DÉFOSSEZ proviennent de sa thèse (1958).

2. *Op. cit.* p. 59.

3. *Op. cit.* pp. 91 et 92.

Les grès de Koutaka.

Ce sont des grès brunâtres, ferruginisés, à grain assez gros, où l'on remarque des mouchetures de glauconie. Ils affleurent de façon presque continue de Koutaka à Ditguiel et, à l'Est de ce village, près de Kounia. On peut en rapprocher le grès rose qui, à Gargani, surmonte le grès blanc conglomératique, le petit affleurement de grès rose de Deïbanga et les affleurements de grès ferruginisé, connus sous le nom de *Kadiétiobodié*, près de Limbére et de Gassénaye, au Nord-Ouest et au Nord de Bâne. Enfin, S. SERPOKRYLOW (1934) a signalé un grès analogue dans le puits de Souailma.

Les schistes de Guiri.

Un schiste pélitique micacé constitue le fond du puits de Guiri. Il se situe probablement sous les grès qui affleurent 2 km plus au Nord, près de la piste de Guiri à Dinangourou.

Les grès de Guiri.

Ce sont des grès blancs, quartzitiques, saccharoïdes, quelquefois conglomératiques. On les observe à 2 km au Nord de Guiri, au Nord de la mare Selba où ils présentent la stratification entrecroisée, près de Kounia, au Sud et au Sud-Est de Kobou.

Plus à l'Est, à Kouna, un grès-quartzite gris-clair semble se rattacher à la même formation. Enfin, dans le Nord de l'Oudalan, on observe à Fiti un grès blanc saccharoïde surmontant un grès grossier à tendance conglomératique ressemblant au grès de Diouroum, et à In Souas un grès blanc saccharoïde reposant sur un grès rose jaspoïde.

La discontinuité des affleurements ne permet pas de connaître la puissance de la formation. Les quelques pendages qui ont pu être observés sont : 5° vers le Nord-Nord-Ouest à Guiri et au Sud-Est de Kobou, et 3° à 4° vers le Sud-Sud-Ouest à Kouna; ils sont donc nettement plus faibles que ceux des grès de Diouroum.

La série de Hombori-Douentza.

Ce sont des grès-quartzites parfois feldspathiques, à grain gros ou moyen, avec niveaux de conglomérats à grands éléments; la puissance est de l'ordre de 200 m. Je n'ai pu mesurer aucun pendage dans la région que j'ai parcourue.

Essai de Stratigraphie.

Dans une région où, mise à part la falaise de Tondigariol, les affleurements sont très discontinus, une corrélation serait presque impossible, mais, heureusement, M. DÉFOSSEZ a pu observer un grand nombre de puits et plusieurs sondages dans la plaine de Gondo. Cependant, en l'absence de fossiles, les couches ne sont identifiées que par leur faciès, ce qui rend l'interprétation un peu hasardeuse, d'autant plus que plusieurs d'entre elles sont lenticulaires.

1° Les grès de Diouroum peuvent être identifiés aux grès de Firgoun avec lesquels ils sont en continuité dans le Nord de l'Oudalan.

2° Les schistes d'Yassane surmontent les grès de Firgoun, ainsi que l'ont montré P. AICARD, A. BLANCHOT et J. SOUGY (1958), grâce à des travaux de terrassement. C'est d'ailleurs ce que pensait M. ROQUES en 1945.

3° M. DÉFOSSEZ déduit de diverses observations que la série dolomitique d'Irma et les schistes d'Yassane sont contemporains, la première s'étant formée dans une mer peu profonde, les seconds étant un faciès de géosynclinal.

4° Au sondage *Sourou I*, la série dolomitique comprend « de nombreux niveaux schisteux et passe progressivement, à la base, à une formation particulièrement gréseuse et glauconieuse que l'on retrouve d'ailleurs à Dioungani et Bangaïdié sur la bordure Est de la série (1) ». M. DÉFOSSEZ estime donc que le faciès glauconieux de Koutaka est antérieur à la série dolomitique d'Irma, ou, peut-être, que la partie supérieure des grès de Koutaka est contemporaine de la base de la série dolomitique.

5° Entre Guiri et Koutaka, on observe la superposition du grès saccharoïde blanc (de Guiri) sur le grès glauconieux (de Koutaka).

6° Au puits de Guiri, les schistes de Guiri sont présumés inférieurs aux grès de Guiri. M. DÉFOSSEZ pense que ces schistes sont probablement un faciès de bordure de la série d'Irma.

7° M. DÉFOSSEZ a observé en plusieurs endroits des schistes rouges dolomitiques interstratifiés au sommet et en bordure de la série dolomitique.

8° Le même auteur a observé la série de Hombori-Douentza sur la série dolomitique d'Irma ou sur les schistes d'Yassane et d'Ydouban.

Ceci nous conduit à la stratigraphie suivante :

grès de Guiri.....(?)	série de Hombori-Douentza	
schistes de Guiri.....	} série dolomitique d'Irma.....	schistes d'Yassane et d'Ydouban
grès glauconieux de Koutaka.....		
grès de Diouroum.....		grès de Fergoun

— d — i — s — c — o — r — d — a — n — c — e —
 Formations cristallines et métamorphiques

G. PALAUSI (1958) a proposé une identification des formations du système nigérien avec celles des « grès horizontaux » paléozoïques et infracambriens du Sud-Ouest de la Haute-Volta :

grès de Koutiala.....	série de Hombori-Douentza
schistes de Toun.....	schistes d'Yassane et d'Ydouban (2)
complexe grésolo-dolomitique	
grès de Sotuba (glauconieux).....	grès de Tondigaria (3)
grès de Sikasso (4)	
grès de base.....	grès de base (5)

M. DÉFOSSEZ (1958) critique cette interprétation; pour lui, la succession est la suivante : grès de Koutiala

— d — i — s — c — o — r — d — a — n — c — e — (observée à Garémi, par exemple)

grès de Guiri.....	} série de Hombori-Douentza..... série d'Irma (dont les schistes de Guiri).....	} schistes d'Ydouban-Yassane
grès glauconieux de Koutaka		
grès de Diouroum		

Le « complexe grésolo-dolomitique » de G. PALAUSI serait en fait un équivalent continental ou épicontinental des formations du géosynclinal (calcaire ou « flysch »).

1. M. DÉFOSSEZ (1958), *op. cit.* p. 76.

2. = schistes de Guiri (?) (note de l'auteur).

3. Grès de Koutaka, en particulier.

4. Formation discontinue, sans équivalent dans le nord de la Haute-Volta.

5. Ce sont nos actuels « grès de Diouroum ».

Les trois assises gréseuses — grès de Diouroum, grès de Koutaka, grès de Guiri — sont groupées sur la carte sous le nom de « grès de bordure ».

LE CONTINENTAL TERMINAL

M. HUBERT (1926) puis S. SERPOKRYLOW (1934) ont signalé l'existence d'une série intermédiaire entre les « grès horizontaux » et les « sables ou argiles actuels ». H. HUBERT appelait cette série « formations de Koro ». S. SERPOKRYLOW, considérant que la coupe du puits de Koro n'était pas assez caractéristique de la série, proposa l'expression « formations du Gondo ». M. DÉFOSSEZ préfère nommer « formations du Gondo » l'ensemble des formations sédimentaires de cette région, depuis les grès de bordure, et réserve aux anciennes « formations de Koro » le nom de « Continental terminal » qui est connu dans la littérature géologique de l'Ouest africain. (C. KILIAN, 1931).

Ces formations ne couvrent qu'environ mille kilomètres carrés dans la région que j'ai étudiée et mes observations sont peu nombreuses. Aussi, je n'ai pas qualité pour proposer une nouvelle dénomination; toutefois, je pense qu'il aurait été préférable d'adopter un nom local tant qu'elles ne sont pas datées avec certitude.

Ce sont des argiles fines rubanées, des argiles sableuses, blanches, beiges, jaunes ou bariolées. Ces dernières peuvent provenir de la latérisation partielle des précédentes.

Voici, à titre d'exemple, la coupe du puits de Cailnes donnée par S. SERPOKRYLOW (1934) (1) :

latérite	1,00 m
argile sableuse bariolée à sable grossier.....	15,25 m
argile sableuse jaune à sable fin.....	5,25 m
argile bariolée (jaune et rouge) à sable fin.....	12,50 m
argile sableuse jaune fine.....	5,50 m
argile sableuse orange fine.....	5,50 m
sable blanc argileux à lits de silex.....	15,00 m
	60,00 m

La puissance de la formation varie de 50 à 100 m.

D'après M. DÉFOSSEZ (1958) (2), la phase argileuse est essentiellement kaolinique; la granulométrie des sables argileux permet de leur attribuer une origine fluvio-lacustre, l'argile provenant du démantèlement d'une assise latéritique, témoin d'une ancienne forêt ombrophile.

Sous les argiles du Gondo, on observe, suivant les endroits, des grès en plaquettes, des grès argileux, plus rarement des calcaires, roches qui doivent être apparentées au système nigérien ou à la partie inférieure de la série des « grès horizontaux ».

LES FORMATIONS RÉCENTES

Alluvions.

Au Sud du 14^e parallèle, les alluvions sont localisés le long des grands cours d'eau et ne s'étalent guère qu'à 500 m de part et d'autre de l'axe de la rivière; aussi n'ont-elles pas été figurées sur la carte. On peut y distinguer :

terre végétale.....	environ 0,50 m
argile fine.....	de 1,00 à 5,00 m
graviers sablonneux	de 0,25 à 0,75 m

Le niveau des graviers est souvent localisé dans le lit mineur du cours d'eau. Dans ce lit mineur, au contraire, le niveau de terre végétale n'existe pas.

Dans le Sud (vers le 12^e parallèle), la Volta Noire et la Volta Blanche recreusent leurs alluvions, et les anciennes terrasses dominant d'environ six mètres le niveau actuel de ces rivières.

1. *Op. cit.*, p. 11

2. *Op. cit.*, pp. 69 et 72

Les petits cours d'eau temporaires déposent, à la fin de la saison des pluies, des alluvions formées essentiellement de boues argileuses et argilo-sableuses, à l'intérieur desquelles on remarque souvent un ou plusieurs niveaux de graviers (quelques centimètres). Ces formations sont très discontinues.

Au Nord du 14^e parallèle, et surtout dans l'Oudalan, les alluvions sont moins profondes et plus étalées, ce qui a permis de les cartographier. Beaucoup de vallées sont envahies par le sable d'origine éolienne.

Latérite.

La latérite couvre une surface importante de la feuille Ouagadougou; elle est plus rare au Nord du 14^e parallèle.

On remarque souvent, dans les puits, sous une couche de latérite déjà formée, des argiles sableuses bariolées qui représentent une étape dans la latéritisation des éléments détritiques. Plus souvent, on observe, sous la carapace latéritique, l'existence d'une couche d'argile latéritique. La puissance de la cuirasse est très variable; de 50 cm à plus de 10 m; en moyenne 3 m. L'argile latéritique a une puissance du même ordre; mais il me semble que, plus la cuirasse est épaisse, moins il y a d'argile latéritique, et inversement. Sous l'argile latéritique, on observe l'altération de la roche qui constitue le sous-sol.

En quelques endroits (Gandado), on observe une latérite « primaire », massive, à structure pisolitique; la même structure est fréquente dans la bauxite (cantons de Riziam et de Mané) (1). Mais, la plupart du temps, la latérite est formée de nodules séparés par des espaces vides; elle n'est pas « bulleuse » à proprement parler, car ce sont les nodules et non les espaces vides qui tendent vers la forme sphérique; bien qu'on y observe quelquefois de beaux galets de quartz, la présence d'espaces vides la rend assez différente des conglomérats habituels. Ayant eu connaissance de l'hypothèse de H. ERHART (1956) (2) sur l'origine termitique de la structure vacuolaire des latérites, j'ai eu l'attention attirée par l'observation, au Nord de Soubeigha et au Nord de Guesselna, de latérite à structure tubulaire reposant sur des schistes gris présentant la même structure et ayant l'aspect d'anciennes termitières. Les observations de F. TESSIER (1959) à Dakar, illustrées par de belles photographies, confirment cette hypothèse.

De nombreuses collines de latérite ont une forme tabulaire et correspondent à un ancien niveau de la pénéplaine; elles sont attaquées par l'érosion actuelle et se terminent souvent par un abrupt; en beaucoup d'endroits, il ne reste que des buttes témoins.

Dans quelques régions (canton de Dacola, par exemple), on observe des assises latéritiques à plusieurs niveaux différents; mais je n'ai jamais eu la preuve de la superposition de plusieurs niveaux latéritiques sur une même verticale. On peut supposer par exemple que le niveau supérieur correspond à la latéritisation d'une pénéplaine, et le niveau inférieur à la latéritisation d'une plaine alluviale.

En plusieurs endroits, on trouve dans un sol d'origine détritique des pisolites de latérite provenant du démantèlement de latérites anciennes.

Dunes.

Au Nord du 14^e parallèle apparaissent des lignes de dunes allongées Est-Ouest. La hauteur

1. Voir en quatrième partie, p. 182.

2. *Op. cit.* pp. 61 et 70.

atteint souvent et dépasse quelquefois vingt mètres. Elles ont plusieurs kilomètres de large et plusieurs dizaines de kilomètres de long. Au Nord d'une ligne Gountouré Niénié-Oursi-Markoye, les dunes couvrent 40 % de la surface du sol.

Elles sont entièrement couvertes de végétation; aussi S. SERPOKYLOW emploie à leur sujet l'expression « dunes mortes », cependant que M. DÉFOSSEZ les qualifie de « dunes fixées ». Pourtant, il n'est pas évident que ces dunes ont été vives avant d'être « mortes » ou « fixées » : on peut très bien concevoir un apport éolien progressif assez léger pour que la végétation herbacée n'ait jamais été interrompue. Toutefois, il n'y a aucun argument ni dans un sens ni dans l'autre.

Age des formations sédimentaires

Système Nigérien.

Au moment de sa définition (1957), ce système était assimilé par ses auteurs, M. DÉFOSSEZ, G. PALAUSI et H. RADIER, au groupe inférieur de la série des « grès horizontaux » selon le tableau suivant :

Caractères des faciès	Non métamorphiques	Métamorphiques
Démolition	Grès de Bandiagara Grès de Koutiala	
Sédimentation	Schistes de Toun Grès de Bobo	série d'Ydouban série de Labbézenga
Transgression	Grès de Sotuba Grès de Sikasso Grès de base	(granites de Bourré) série d'Ansongo
	Tondigaria Grès de Firgoun	
	Discordance	
Socle	Yatenga	Liptako série de Takamba

Rappelons qu'à cette époque, la série de Hombori-Douentza était considérée comme n'ayant pas d'individualité.

Les affleurements de « grès horizontaux » sont continus depuis la Haute-Volta jusqu'en Guinée où J.-H. SINCLAIR a découvert (1918) des graptolites gotlandiens. Depuis cette époque, les « grès horizontaux » sont considérés comme cambro-ordoviciens. Le « système nigérien » équivalent au groupe inférieur des grès horizontaux serait donc cambrien.

Mais M. DÉFOSSEZ (1958), ayant mis en évidence, par la photogéologie, une discordance de la série de Hombori-Douentza sous le Paléozoïque, attribue le « système nigérien », dans son ensemble, à l'Infracambrien. La découverte de stromatolites dans la série d'Irma ne fait pas avancer la question puisque ces fossiles existent aussi bien dans le Cambrien que dans l'Infracambrien. (M. DÉFOSSEZ en signale d'ailleurs dans la série d'Oualo-Sarniéré qu'il considère comme la base du Paléozoïque).

Continental terminal.

Cette formation est azoïque. H. HUBERT (1926) compare les « formations de Koro » aux « grès du Niger » auxquels il attribue un âge éocène douteux parce qu'ils recouvrent, dans la région de Tahoua, des calcaires fossilifères lutéciens.

S. SERPOKRYLOW (1934) considère les « formations du Gondo » comme « post-éocènes, peut-être mio-pliocènes ».

Les cartes de M. ROQUES (1948 et 1949) et de L. MARVIER (1953) indiquent que cette région est couverte de « Quaternaire », mais rien, dans le texte, ne nous fait connaître les raisons de ce changement de chronologie.

M. RADIER (1957) a étudié d'une manière approfondie le problème de l'âge du Continental terminal dans le détroit de Gao. Il existe dans cette région un niveau de gaize cherteuse qui constitue un bon repère stratigraphique car il surmonte, dans le puits d'In Tafidet, le gisement à *Moeritherium* ANDREWS (éocène supérieur) découvert par J. KIKOINE (1951). Le Continental terminal qui surmonte la gaize cherteuse serait donc post-éocène.

M. DÉFOSSEZ (1958) identifie le Continental terminal du Gondo à celui du détroit de Gao (bien que ces formations soient discontinues sur le terrain), et revient ainsi aux idées de S. SERPOKRYLOW.

Latérite.

Aucune observation locale ne permet de dater avec précision la formation de la latérite en Haute-Volta. A Dakar, A. GORODISKI (1952) (1) observe que « La latérite est postérieure au système oligo-miocène de Dakar et antérieure au système quaternaire des Mamelles. En raison de sa position stratigraphique intermédiaire entre ces deux limites, on s'accorde généralement à lui attribuer l'âge pliocène ».

Il peut paraître hasardeux de fonder une chronologie sur une comparaison de faciès à deux mille kilomètres de distance; mais la formation de la latérite ayant une origine climatique, il n'est pas déraisonnable de penser qu'à la même latitude le Nord de la Haute-Volta et la presque île du Cap-Vert jouissaient du même climat à la même époque.

D'après F. TESSIER (1959), la cuirasse, toujours caractérisée par des actions termitiques anciennes, passe sous les coulées de dolérites du volcan des Mamelles. Tout l'ensemble est donc fossile. Postérieurement au creusement des hypogées, il y a eu imprégnation ferrique, facilitée par les cavités. L'altération des ankaratrites a exigé un climat humide, la mise en place des gravillons, une sédimentation, puis l'action des termites une nouvelle phase humide.

Il semble toutefois qu'en d'autres points de l'Afrique Occidentale, la latérite se soit formée à différentes époques (exemples : fin du Crétacé et de l'Eocène). Ce fait a été reconnu par P. MICHEL au Nord du Fouta-Dyalon et de part et d'autre de la Falémé. Les latérites que nous observons en Haute-Volta sont plus récentes.

Alluvions et Dunes.

Les puits creusés dans les alluvions s'arrêtent au niveau de graviers qui renferme la nappe alluviale. Aussi mes observations ne portent-elles que sur quelques puits de prospection ayant atteint le bed-rock ainsi que sur les puits de reconnaissance qui ont été creusés en 1954 dans le canton de Ramessoum (cercle d'Yako) en prévision de l'implantation d'un barrage.

L'argile latéritique existe assez souvent sous les alluvions; la cuirasse latéritique aussi,

quelquefois; mais, le plus souvent, celle-ci est interrompue sous les alluvions, ce qui peut s'expliquer de deux façons :

1° La présence de la nappe alluviale a empêché la déshydratation et le cuirassement du matériel latéritique;

2° La cuirasse existait mais elle a été érodée.

Dans le premier cas, l'alluvionnement serait postérieur à la formation du matériel latéritique et peut-être en partie antérieur au cuirassement; dans le second cas, les alluvions sont postérieures à la latérite, ce qui n'exclut pas l'existence d'anciennes terrasses.

L'alluvionnement se poursuit actuellement, surtout au Nord du 14^e parallèle.

Enfin, l'observation d'une superposition, à 2 km N.N-W. d'Oursi, sur la piste de Fadar-Fadar, permet d'affirmer que les dunes sont postérieures à la latérite.

Le socle

Les formations métamorphiques

Je présente ici succinctement :

- le groupe de Riziam,
- la série de Bamga,
- la série de Tourcoingbam,
- la série de l'Oudalan oriental,
- le groupe de Dacula.

Celui-ci est cité en dernier parce qu'il est le seul à comprendre en majorité des roches ortho-métamorphiques. Toutefois, ce caractère n'intervient pas dans sa définition.

LE GROUPE DE RIZIAM

Ce groupe affleure sur une grande surface où il constitue souvent des massifs de collines aux formes découpées (bien reconnaissables sur le terrain et sur les photographies aériennes) : canton de Réo, Sud du cercle d'Yako, moitié Est de l'Yatenga, moitié Sud du cercle de Kongoussi, Ouest et Sud de Kaya, Nord de Pinsa, Sud d'Yalogo, environs de Filio et de Sirkango, etc. Les affleurements les plus importants sont ceux du canton de Riziam (cercle de Kongoussi).

Il correspond, *pro parte*, à ce que H. HUBERT avait appelé « schistes et quartzites redressés ». En effet, il comprend essentiellement, des schistes, des schistes micacés et chloriteux et des quartzites; on trouve aussi quelques calco-chloritoschistes. Je n'ai pas pu établir une échelle stratigraphique dans le groupe de Riziam. De nombreuses difficultés s'y opposent :

1° La stratification est rarement visible, aussi bien dans les schistes que dans les quartzites; par contre, toutes les roches sont affectées par une schistosité qui, le plus souvent est subverticale.

2° Les affleurements, même en région montagneuse, sont généralement discontinus;

3° Les roches du groupe de Riziam sont abondamment traversées par les venues éruptives et les coulées basiques du groupe de Dacula;

4° L'échelle de mon travail (1/500 000 pour la carte d'ensemble, 1/200 000 dans quelques régions privilégiées) ne permettait pas de suivre les affleurements en détail.

On ne peut que souhaiter qu'un autre géologue ait, plus tard, la chance d'observer une coupe dans cette région, une tranchée de chemin de fer par exemple.

LA SÉRIE DE BAMGA

Cette série composée de gneiss n'a qu'une extension très réduite. L'affleurement de Bamga (Liptako) constitue une chaîne de collines allongées Est-Ouest sur une dizaine de kilomètres. Les affleurements du canton de Tougouri (Nord-Ouest de Taparko, Nord-Ouest de Zérédérin) sont moins importants. Enfin, on peut rattacher, avec doute, à cette série, un petit affleurement de gneiss qui a été observé à Gomnougoubé, à une quinzaine de kilomètres au Nord d'Aribinda.

LA SÉRIE DE TOURCOINGBAM

Il s'agit de deux affleurements de grès-quartzites, très peu métamorphiques, que l'on peut observer dans le cercle de Kongoussi, à Tourcoingbam et à Guibaré.

LA SÉRIE DE L'LOUDALAN ORIENTAL

Je ne dirai que quelques mots de cette série composée de grès-quartzites arkosiques, d'arkoses et de conglomérats métamorphiques; en effet, elle affleure essentiellement à l'Est du méridien 0° qui constitue la limite de cette étude, et, dans la région qui nous intéresse, on n'observe que quelques collines isolées (Sud-Ouest de Gaïgou, Gountouré Ibirdi, Kel Eguieuf).

LE GROUPE DE DACOLA

Il correspond essentiellement à ce que la littérature géologique de la province birrimienne appelait, jusqu'à ces dernières années, *les roches vertes*. Dans certaines d'entre elles, on peut encore reconnaître une ancienne structure de roche « éruptive »; dans d'autres, par contre, aucune ancienne structure n'est plus déchiffrable. Ne voulant pas préjuger de l'origine ortho- ou para-métamorphique de ces roches, je définis le groupe en y rangeant toutes celles qui contiennent épidote ou amphibole.

Les roches du groupe de Riziam ne renferment ni l'un ni l'autre de ces deux minéraux et sont donc, à l'exception des calcochloritoschistes, moins calciques que celles du groupe de Dacola.

La localité-type est le canton de Dacola, dans le Sud du cercle d'Yako, où le groupe est abondamment représenté par des schistes amphiboliques. Il a également une grande extension dans les cercles de Ténado (cantons de Réo et de Pouny), Yako (partie sud), Ouahigouya (moitié nord), Kongoussi (moitié sud), Kaya (Ouest et Sud), Boulsa (canton de Tougouri) et Dori (région de Gangaol et Ouest de l'Oudalan).

Les roches cristallines

Ces roches qui couvrent une surface très importante dans la région qui nous intéresse seront étudiées en trois grands chapitres :

- les roches calco-alcalines;
- les roches alcalines;
- les plagioclisolites.

LES ROCHES CALCO-ALCALINES

Cette expression comprend des granites calco-alcalins, des granodiorites, des diorites quartziques et même quelques diorites. Ces roches sont très comparables aux granites birrimiens du Ghana parmi lesquels les géologues britanniques ont, de bonne heure, distingué deux types :

- les granites de Cape Coast et de Winneba (ce dernier à texture porphyroïde) dont le gisement est concordant;
- le granite de Dixcove qui se présente en massifs circonscrits.

Dans une étude d'ensemble des granites birrimiens de l'Afrique occidentale française, L. BODIN (1951), reprenant la classification anglaise, distingue :

- les granites « baoulés » (dont le type est en Côte-d'Ivoire, en pays baoulé), à gisement concordant; le faciès porphyroïde est nommé « type Mankono » ;
- les granites en batholites discordants, classés, d'après la composition minéralogique, en :
 - granodiorites (« type Bondoukou »);
 - granites akéritiques (« type Mougué »);
 - granites monzonitiques (« type Massigui »);
 - monzonites quartzifères (« type Sido »).

La répartition des granites en deux grands groupes d'après le mode de gisement est fondamentale au point de vue géologique; elle n'a qu'un défaut, c'est que le mode de gisement est rarement observable sur le terrain, surtout en pays subtropical recouvert de latérite, de dunes ou de végétation. Aussi L. BODIN s'est-il efforcé en partant d'un certain nombre de granites dont le mode de gisement était connu, d'en rechercher les caractères généraux observables à l'œil nu et au microscope. Dans une deuxième phase de ses recherches, il déterminait un granite d'après les observations macroscopiques et microscopiques, et demandait au géologue de terrain de vérifier si le mode de gisement était bien tel qu'il le présumait.

C'est ainsi que L. BODIN est parvenu au tableau suivant (1) :

Caractères différentiels des types de granites calco-alcalins

<i>Caractères</i>	<i>Type baoulé</i>	<i>Type Bondoukou</i>
Gisement.....	concordant	discordant
Auréole.....	développée	très réduite
Migmatites.....	intra-batholitiques	absentes
Composition du massif..	hétérogène composite hétérogène endomorphe homogène (exceptionnellement)	homogène
Structure de la roche.....	grenue équi-grulaire ou porphyroïde	grenue plagidiomorphe
Texture de la roche.....	massive ou orientée	massive
Déformation de la roche.	cataclase avec ou sans recristallisation	traces
Type pétrographique dominant.....	granite monzonitique	granodiorite granite akéritique
Tendance chimique d'après la teneur en alcalins.....	potassico-sodique	sodique

1. *Op. cit.* p. 89.

L. BODIN attribue (1) une mise en place *syntectonique* aux granites baoulés et *post-tectonique* aux granites du type Bondoukou.

Le schéma de L. BODIN a eu le mérite de faciliter la tâche des géologues de la province birrimienne, en les aidant à répartir, dès le début de leurs levés, les granites en deux grandes classes. Mais ce tableau paraît maintenant trop rigide; ainsi que nous le verrons plus loin, les caractères ne sont pas aussi tranchés dans la nature. Il est regrettable que L. BODIN n'ait pas poursuivi ses recherches après la publication de son étude.

LES ROCHES ALCALINES

N. R. JUNNER (1940) n'ayant signalé les roches alcalines en Gold Coast qu'à titre tout à fait exceptionnel (il s'agit de syénite néphélinique intrusive dans l'Archéen), les géologues d'A.O.F. ont admis pendant longtemps leur extrême rareté dans l'ensemble de la province birrimienne. L. BODIN (1951) ne signale que trois petits affleurements de roches alcalines ou hyperalcalines en Côte-d'Ivoire.

En Haute-Volta, J. DELORME (1951) découvre les importants massifs de granite alcalin à biotite de la région d'Aribinnda. Quelques années plus tard, P. AICARD (1955) signale le massif granitique de Tindangou à une quinzaine de kilomètres au Sud-Est de Pama.

A partir de 1956, les découvertes se multiplient dans le centre et le Nord de la Haute-Volta et, bien que les auteurs voisins (P. MASCLANIS, 1955; G. PALAUSI, 1958 et J. SAGATZKY, 1954) n'en signalent aucune, les roches alcalines sont abondamment représentées dans la région qui nous intéresse.

Elles comprennent des granites, des syénites et des roches microgrenues.

LES PLAGIOCLASOLITES

Ce sont des roches basiques ou neutres, de structure grenue, ophitique ou, exceptionnellement, microgrenue, qui se distinguent de celles du groupe de Dacola par deux caractères : l'absence de métamorphisme régional et le mode de gisement.

MESURES D'ANOMALIE GRAVIMÉTRIQUE

Depuis 1953, le centre géophysique de l'ORSTOM effectue chaque année des mesures d'anomalie gravimétrique dans l'ensemble de l'Afrique Occidentale Française. En particulier, dans la région qui nous intéresse, un total d'environ 750 points d'observation, distants de 5 km en moyenne, forment un réseau d'itinéraires à maille moyenne de 50 km (fig. 10).

ANOMALIE DE BOUGUER (2)

Les chiffres donnés sur la carte (fig. 20) et les neuf profils ci-joints (fig. 11 à 19) expriment l'« anomalie de Bouguer » ou « anomalie brute » en milligals. D'après R.A. GEYER et F. ROMBERG (1956), cette anomalie est « la différence entre la gravité observée et la valeur qu'elle aurait si les terrains au-dessous de la station étaient disposés en couches horizontales et avaient la densité

1. *Op. cit.* p. 90.

2. Voir la carte des mesures d'anomalie gravimétrique, en pochette.

ITINÉRAIRES GRAVIMÉTRIQUES

Echelle : 1/2.000.000

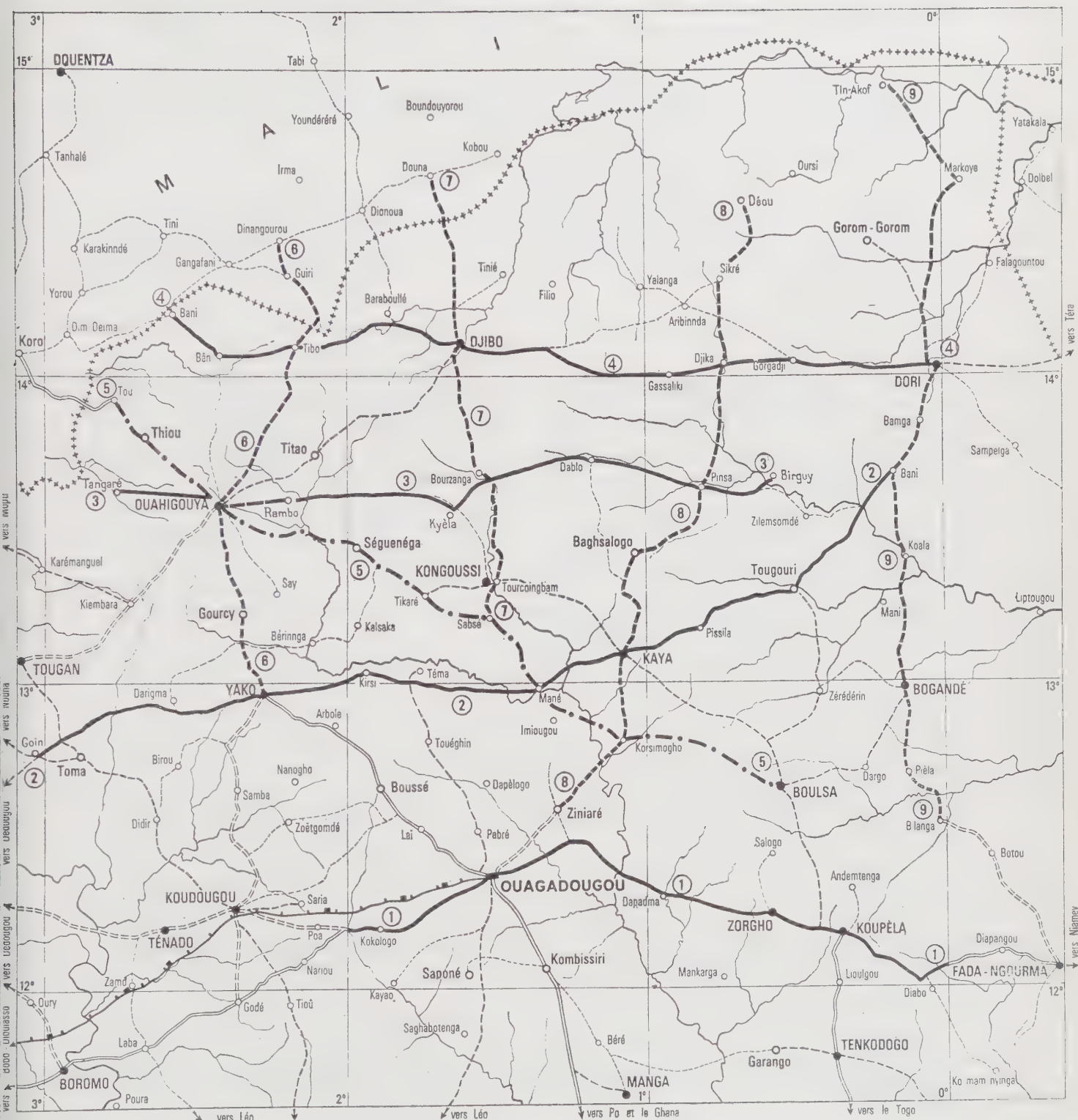


Fig. : 10

moyenne prévue». Plus précisément, d'après Y. CRENN (1957), elle est obtenue par différence entre :

a) la pesanteur observée, ramenée au niveau de la mer et corrigée de l'attraction d'un plateau horizontal de densité 2,67 (coefficient d'altitude de 0,1955 milligal par mètre pour une pesanteur moyenne de 978,2 gal correspondant à la latitude 15°), et

b) la valeur normale sur le géoïde, donnée par la formule :

$$978,049 (1 + 0,0052884 \sin^2 L - 0,0000059 \sin^2 2L).$$

L'erreur continue sur un itinéraire de l'ordre de cent kilomètres est, en général, inférieure à 3 milligals; l'erreur accidentelle entre deux points voisins est, en général, inférieure à 1 milligal, et toujours inférieure à 3 milligals. Dans ces conditions, les dixièmes de milligals n'ont pas été indiqués sur la carte.

ANOMALIE RÉSIDUELLE

La correction isostatique a été calculée en adoptant « l'hypothèse d'AIRY avec une profondeur de compensation de trente kilomètres. qui suppose qu'un excédent de masse quelconque, posé sur l'écorce, épaisse de trente kilomètres, produit l'enfoncement dans un magma plus dense de la portion de l'écorce située sous lui » (1). Dans l'ensemble de la région étudiée, la correction isostatique est d'environ 29 milligals, sauf dans le coin Sud-Est où elle avoisine 27 milligals.

La différence entre l'anomalie de Bouguer et la correction isostatique est une « anomalie résiduelle » qui peut être utilisée pour l'interprétation. A ce sujet, R.A. GEYER et F. ROMBERG (1956) attirent l'attention sur le danger qu'il y aurait à établir une anomalie résiduelle par une méthode trop fine pour la précision originelle du travail. Dans ce cas, l'anomalie résiduelle calculée ne représenterait pas la géologie de subsurface mais seulement les erreurs inhérentes aux mesures et aux corrections, mises en évidence par la méthode de calcul.

Il y a donc lieu de ne tenir compte que des différences supérieures à l'erreur maximale prévue.

INTERPRÉTATION

Contrairement à d'autres données fournies par la géophysique (en sismique, par exemple), une anomalie de la pesanteur peut être théoriquement due à une infinité de configurations géologiques différentes. Aussi, il est nécessaire, en partant des observations géologiques locales, d'imaginer une structure géologique et, après avoir calculé son effet sur la pesanteur, de comparer celui-ci aux anomalies observées. Si les courbes obtenues ne se ressemblent pas, il faut modifier l'hypothèse et recommencer le calcul. Si l'on obtient enfin des courbes voisines sinon identiques, on retient l'hypothèse comme possible, mais elle n'est pas nécessairement exacte. Ce calcul par tâtonnements est évidemment lent et fastidieux, et Mademoiselle Y. CRENN, Directrice du centre géophysique de Mbour, n'en a que plus de mérite d'avoir su présenter des hypothèses géologiques vraisemblables et concordant avec les mesures géophysiques.

Variations locales de l'anomalie résiduelle.

D'une façon générale, les variations locales de l'intensité de la pesanteur correspondent à des phénomènes géologiques superficiels. Ce sont elles qui intéressent le plus le géologue de terrain. On remarque que :

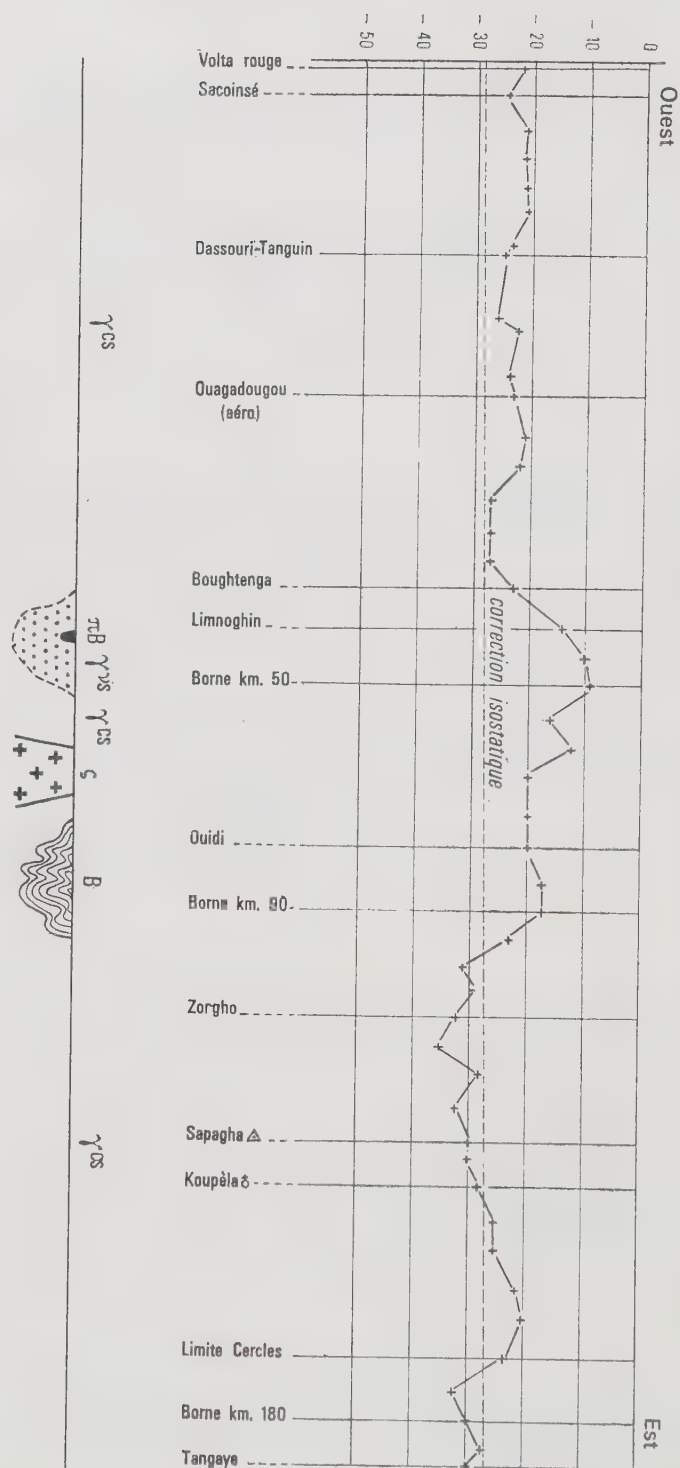
1. Y. CRENN (1957), *op. cit.* p. 15.

PROFILS GRAVIMÉTRIQUES

LÉGENDE DES COUPES

	S	Formations sédimentaires		δ	Dolérites	} post-birrimiens
qPc		Série de Tourcoingbam	θ		Gabbros	
T		Série de l'Oudalan oriental				
	B	Birrimien (groupes de Riziam et de Decole)		ζ	Syénite	} en massifs circonscrits
			γa		Granite alcalin	
			γc		Granite calco-alcalin	
	πB	Amphibolo-pyroxénite		γvs	Granodiorite	} baoulés
	qu	Série de Banga		γcs	Granite calco-alcalin	
	f ?	Faïlle hypothétique		BM	Migmatites	
					Masse dense hypothétique	

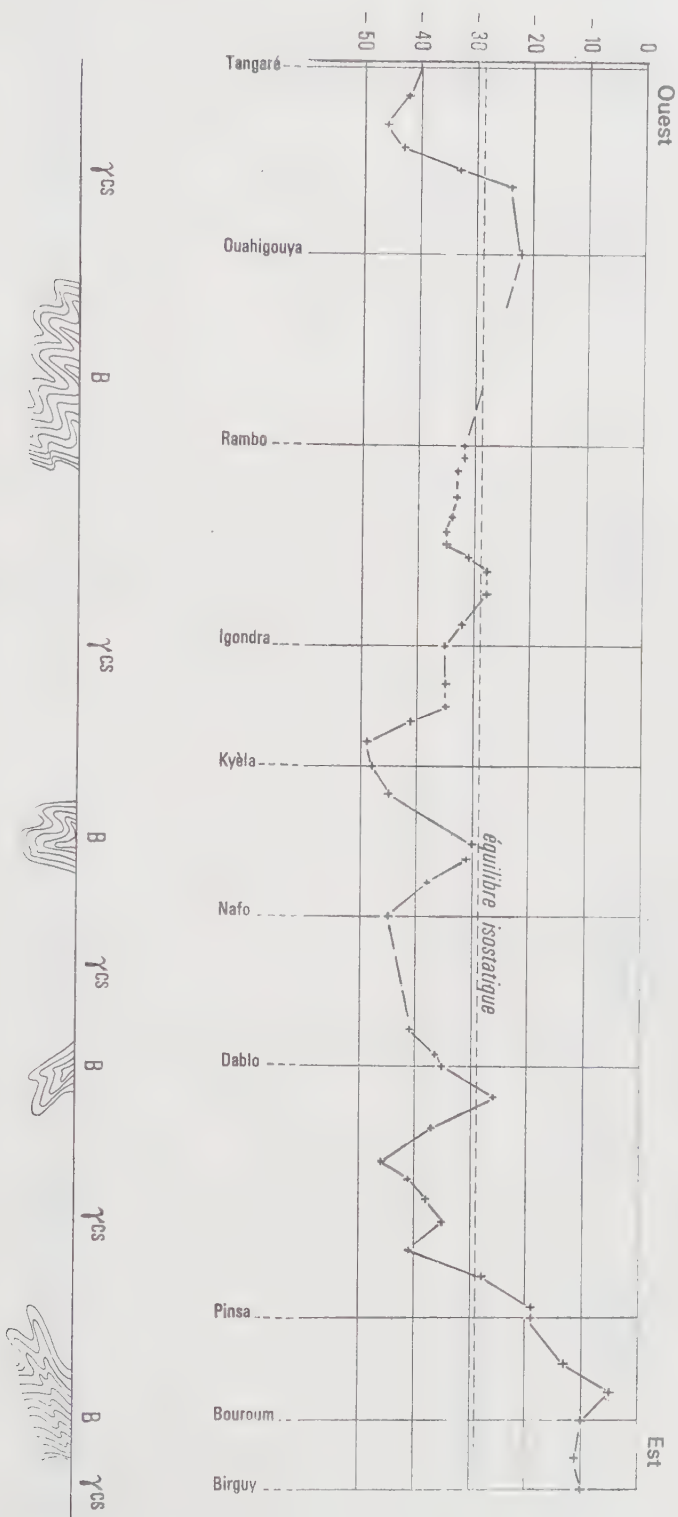
N° 1 Profil gravimétrique de Sacoinsé à Ouagadougou, Zorgho, Koupèla et Tangaye



Essai d'interprétation géologique des mesures d'anomalie gravimétrique.

Fig. 11

N° 3 Profil gravimétrique de Tangaré à Ouahigouya, Rambo, Igondra, Nafo, Dablo, Pinsa, Bouroum et Birguy

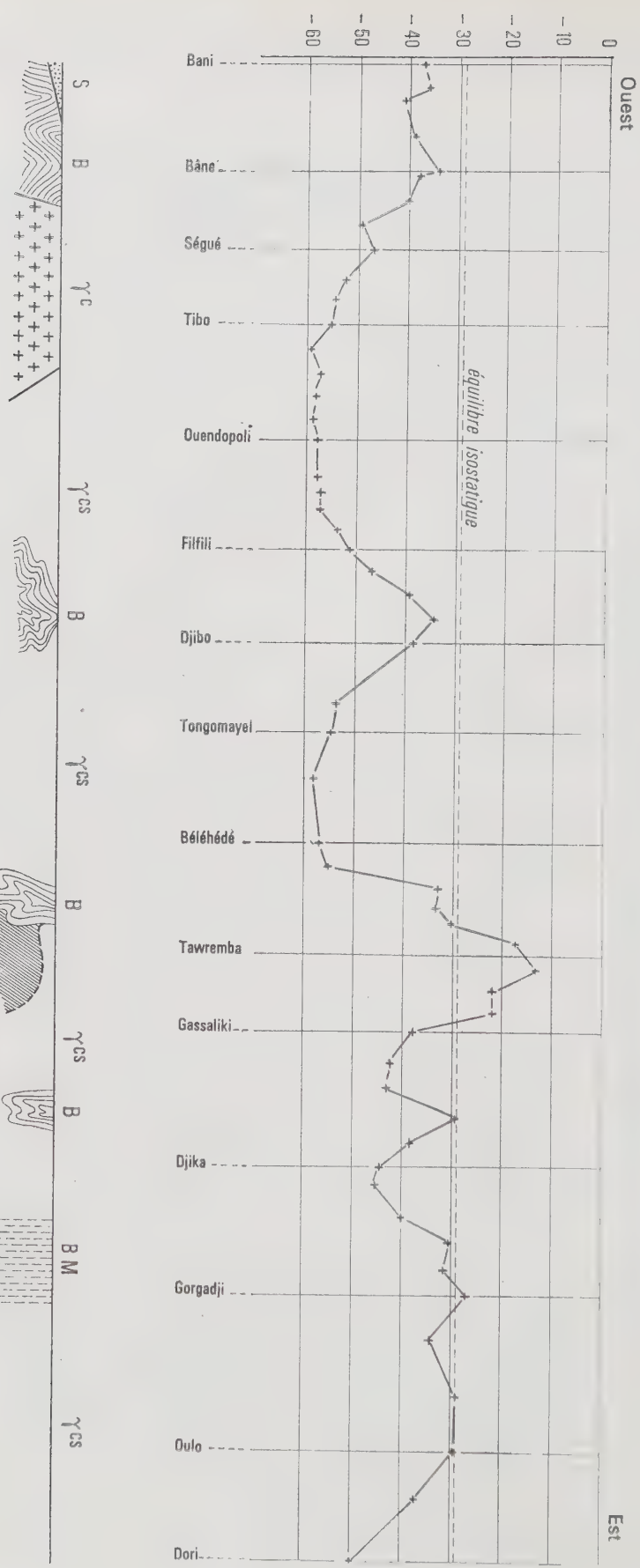


Essai d'interprétation géologique des mesures d'anomalie gravimétrique.

Fig. : 13

N° 4

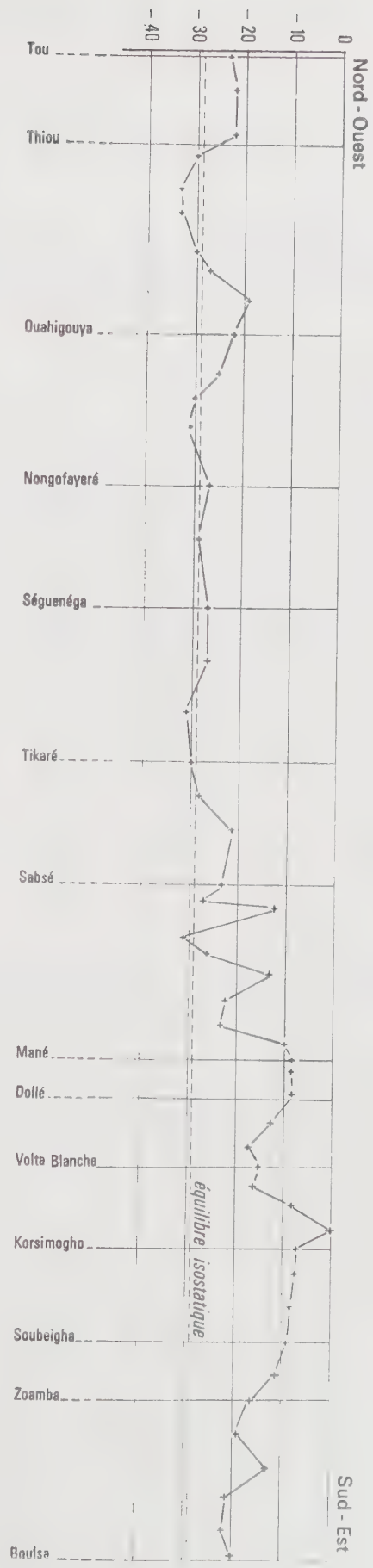
Profil gravimétrique de Bani à Bâne, Tibo, Djibo, Gassaliki, Gorgadji et Dori



Essai d'interprétation géologique des mesures d'anomalie gravimétrique.

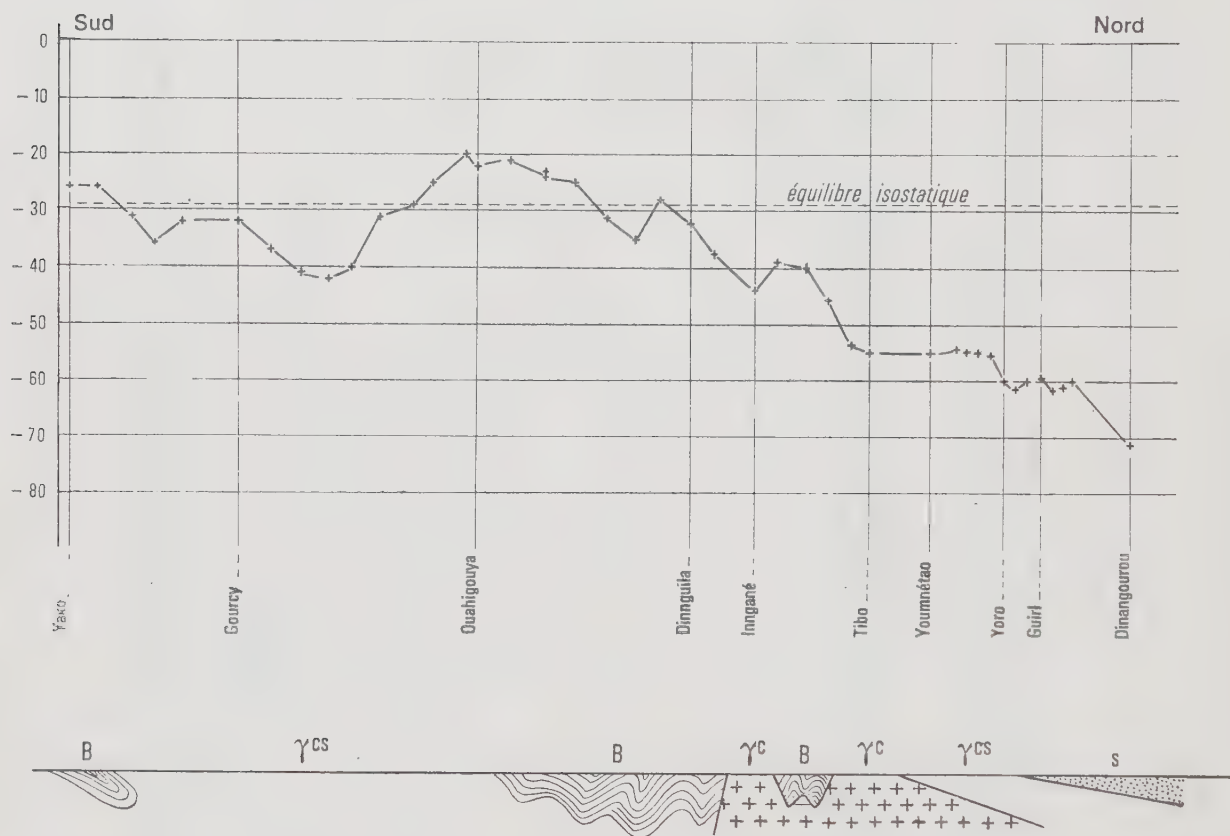
Fig. : 14

N° 5 Profil gravimétrique de Tou à Ouahigouya, Séguenéga, Sabsé, Mané, Korsimogho et Boulsa



Essai d'interprétation géologique des mesures d'anomalie gravimétrique.

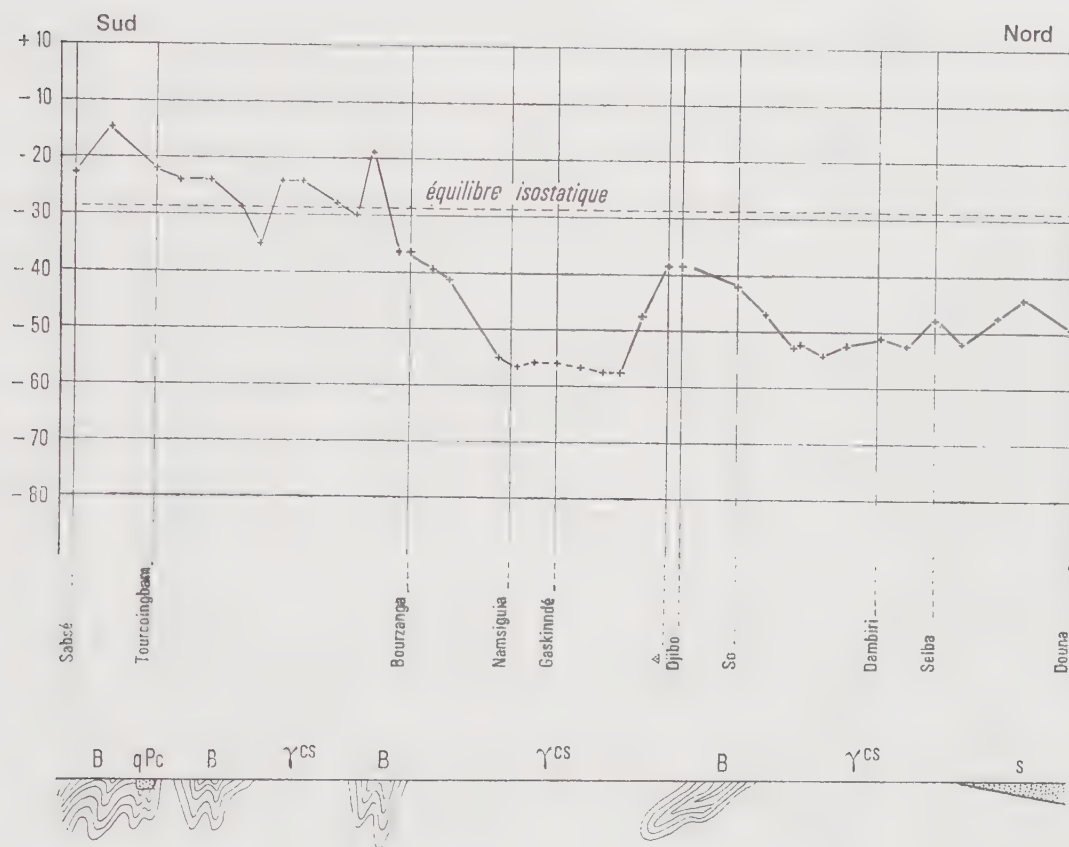
N° 6 Profil gravimétrique d'Yako à Ouahigouya, Tibo et Dinangourou



Essai d'interprétation géologique des mesures d'anomalie gravimétrique.

Fig. : 16

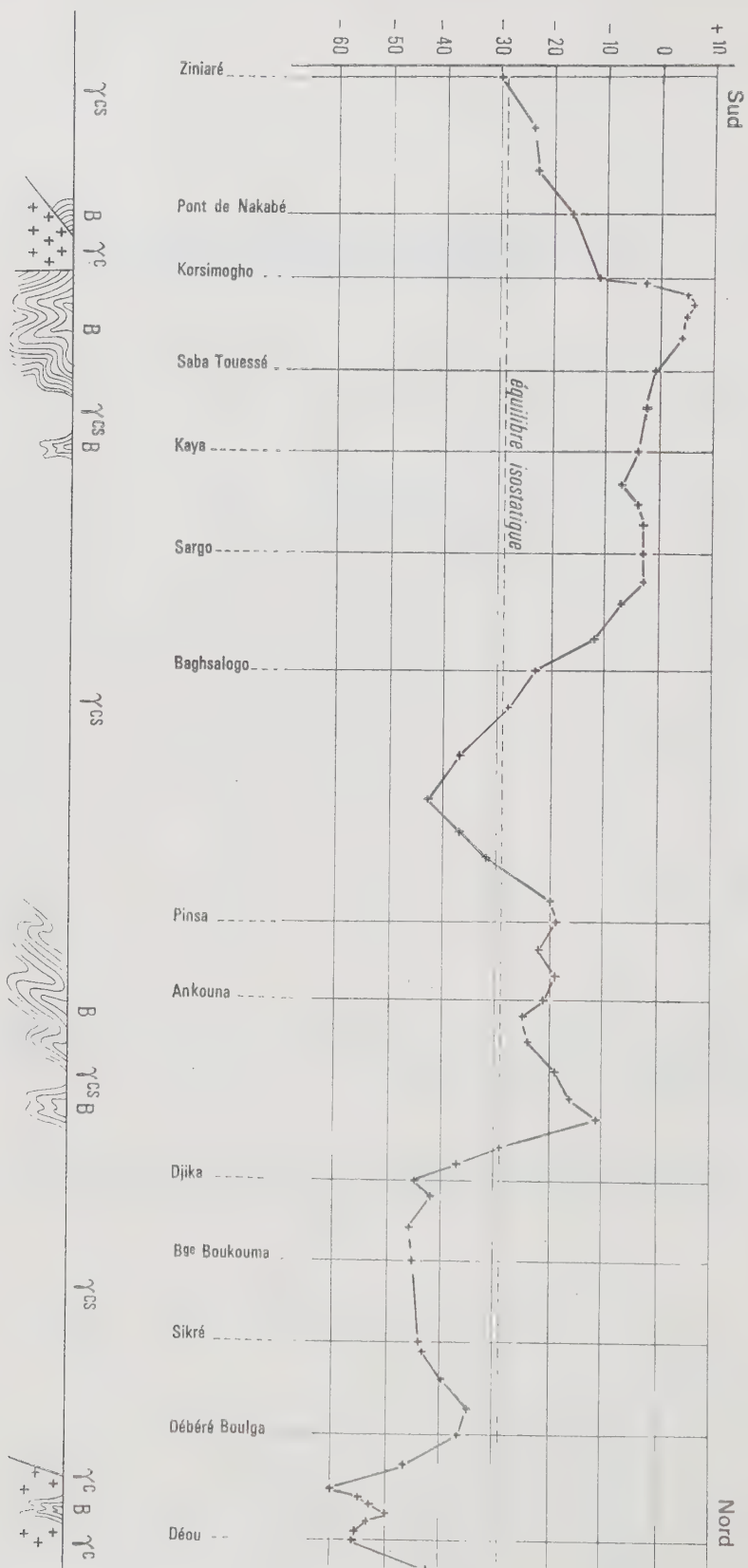
N° 7 Profil gravimétrique de Sabsé à Tourcoingbam, Bourzanga, Djibo et Douna



Essai d'interprétation géologique des mesures d'anomalie gravimétrique..

Fig. : 17

N° 8 Profil gravimétrique de Ziniaré à Kaya, Baghsalogo, Pinsa, Djika, Sikré et Déou

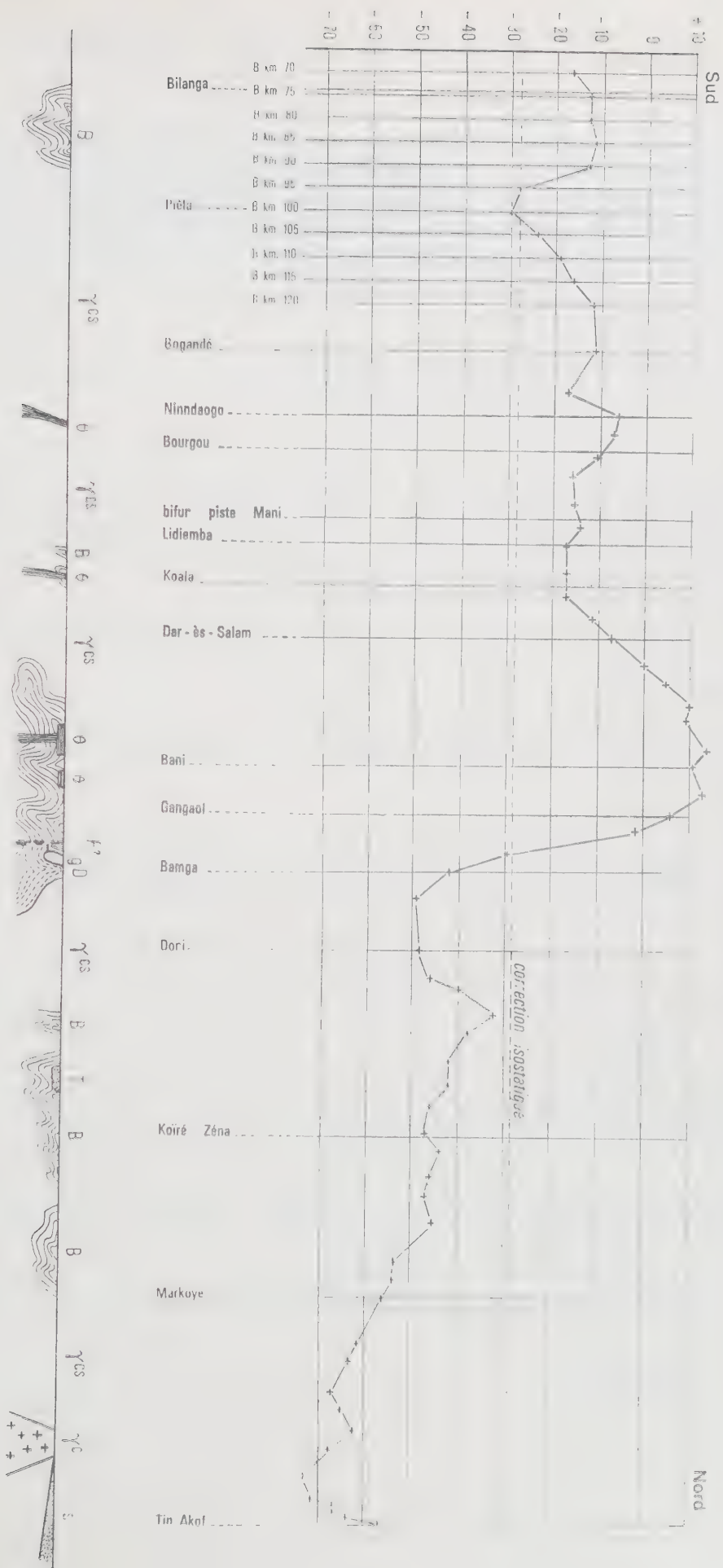


Essai d'interprétation géologique des mesures d'anomalie gravimétrique.

Fig. : 18

N° 9

Profil gravimétrique de Bilanga à Bogandé, Bani, Dori, Markoye et Tin Akof



Essai d'interprétation géologique des mesures d'anomalie gravimétrique.

Fig. : 19

1° La plupart des granites en massifs circonscrits produisent une diminution de l'intensité de la pesanteur par rapport aux roches encaissantes, surtout si celles-ci sont des schistes ou des roches basiques; ceci est visible, en particulier, à Bokin et Yabo (profil n° 2), à Silmidougou et au Nord-Ouest de la Volta Blanche (profil n° 5) et à Déou (profil n° 8); lorsque la roche encaissante est un autre granite, par exemple à Tibo (profils n° 4 et 6), le passage peut n'être pas visible;

2° Par contre, la syénite alcaline de la « Petite Suisse » (profil n° 1) semble plutôt correspondre à une faible augmentation de g;

3° Les grands batholites de granite « baoulé » (profils n° 1, 2, 4 et 6) donnent un graphique qui s'éloigne peu de la position d'équilibre isostatique. Cependant le granite du cercle de Bogandé (profil n° 9) semble un peu plus dense que les autres;

4° Le passage des granites aux schistes et autres roches de la série de Riziam se traduit presque toujours par une augmentation de l'intensité de la pesanteur (profils n° 1, 2, 5, 6, 7, 9). « L'augmentation moyenne est de 10 milligals pour les contacts avec une *bande de schistes sans dolérite*, le gradient allant de 0,6 à 2 milligals par kilomètre, sur une distance de 5 à 10 km; en supposant des pendages verticaux, ce qui est le plus fréquent en surface, ceci correspond à une profondeur de 5 km de schistes, avec une différence de densité de 0,05 » (1);

5° Le passage des granites aux roches basiques se traduit par une augmentation plus importante de la pesanteur (de 10 à 30 milligals); de même avec une bande de schistes contenant des roches basiques;

6° Les migmatites, les granodiorites et les diorites sont un peu plus denses que les granites voisins mais la différence de pesanteur est souvent peu importante (profils n° 1 et 2).

Variations régionales de l'intensité de la pesanteur.

Elles correspondent aux phénomènes géologiques profonds. On observe sur la carte et sur les profils Sud-Nord une anomalie positive voisine du 13° parallèle (Korsimogho, Kaya, Bani) et une anomalie négative entre les parallèles 14° et 15°.

« *Le maximum de Kaya* atteint 30 milligals, s'étend sur plus de 80 km, et, mis à part un contact de dolérite à Korsimogho et deux contacts de granite intrusif à Bokin et Yabo, ne montre pas de relation locale entre la valeur de la pesanteur et les contacts superficiels de roche verte, granite, schiste ou quartzite » (2). L'augmentation de la gravité est progressive, sauf à Korsimogho où une augmentation brusque de 15 milligals coïncidant avec une anomalie magnétique de 900 γ peut indiquer un contact net entre granite intrusif et schistes associés aux roches basiques, ou une faille dont le rejet serait de l'ordre du kilomètre (cette dernière hypothèse, due à Mademoiselle Y. CRENN (1954) n'a pas été confirmée par les levés détaillés qui ont été faits dans cette région).

« *Le maximum de Bani* atteignant + 45 milligals s'amorce de façon progressive au Sud-Ouest et au Sud et se termine très brutalement à vingt kilomètres au Nord avec un gradient de 6 milligals au kilomètre pouvant correspondre à une faille; quelle qu'en soit la nature, le changement de terrain intéresse au moins une épaisseur de quatre kilomètres ».

« La valeur anormalement basse observée à Dori est peut-être due à l'enfoncement de la couche

1. Y. CRENN, *op. cit.* p. 19.

2. Y. CRENN, *op. cit.* p. 34.

granitique sous le poids de la masse excédentaire située sous Bani. De même qu'à Kaya, les contacts superficiels s'inscrivent peu sur la courbe gravimétrique (1)».

Outre le minimum local de Dori, on observe, dans le Nord et le Nord-Ouest, un minimum qui suit approximativement la bordure sédimentaire (Yatakala, Tin Akof, Fadar Fadar, Ditguiel, Gangafani, Hombo). M. DÉFOSSEZ (1958) l'explique par la présence d'un géosynclinal.

1. Y. CRENN, (1954) *op. cit.* p. 7.

LES FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES

DESCRIPTION

Groupe de Riziam

SITUATION DES AFFLEUREMENTS

Le groupe de Riziam a une grande aire d'extension de Thiou à Bônam : Nord, Nord-Est et Est du cercle d'Ouahigouya, Sud du cercle de Kongoussi, Ouest, Sud et Sud-Est du cercle de Kaya; on l'observe également dans le Sud du cercle d'Yako et près de ce village, dans le cercle de Ténado, entre Koury et le poste-filtre de la Volta Noire ainsi qu'au Sud-Est et au Sud-Ouest de Guiguy; dans la région Pinsa-Bouroum-Yalogo et le Sud du Liptako, dans l'Ouest du Ganzourgou, le Sud de l'Oudalan, le Nord et l'Est du cercle de Djibo.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX

C'est essentiellement une formation péritique métamorphisée dans l'épizone; aucune succession stratigraphique n'a pu être établie et la puissance totale n'est pas connue; aussi son étude sera-t-elle surtout pétrographique. Les affleurements les plus nombreux sont des *schistes argileux*, mais, comme nous le verrons plus loin (p. 110), ce sont rarement des roches saines; en profondeur, ils font probablement place à des schistes à illite et chlorite ou à des *séricitoschistes*. Les *schistes tufacés* sont également assez fréquents. Par contre, les divers *quartzites* (à minéral, à séricite, etc.) et les *séricitoschistes* sont beaucoup moins fréquents.

Réduit ainsi à l'essentiel, le groupe de Riziam apparaît comme une alternance de schistes et de quartzites, avec une large prédominance de ceux-là. Il est affecté par un métamorphisme léger et superficiel.

Il existe également quelques types de roches rares ou exceptionnelles : tufs et grauwackes, calcochloritoschistes, schistes graphiteux et manganésifères.

Les schistes

Les *schistes* constituent la *fraction la plus importante du groupe* de Riziam dont nous avons énuméré plus haut les différentes aires d'extension. Les collines de Tikaré, de Dem, de Ninnougou, de l'Ouest de Soubeigha, etc. sont formées de schistes rouges.

La teinte est généralement rouge mais peut varier de l'ocre jaune au marron et au rouge sombre violacé. Localement, ils peuvent être blancs; les habitants du pays les appellent alors improprement « kaolin » ou « chaux » et ils s'en servent pour badigeonner les murs de leurs cases (Kongoussi).

La stratification des schistes est rarement observable. Au Sud de Guiptenga elle est formée d'une alternance de lits gris et ocre et la schistosité concorde avec elle (pendage 80° N.NE environ). Au Nord de Soubeigha, on peut distinguer une stratification formée de lits ocre et de lits rose violacé; son orientation varie de 16° à 31° et son pendage de 75° à 80° W.NW; la schistosité forme avec la stratification un angle dièdre d'environ 60°, son orientation est de 60°, son pendage est sensiblement vertical. Entre Léhourba et Tanmiga (limite des cantons de Riziam et de Kiritenga), un schiste composé de lits successifs rouges et blancs (de un à quelques millimètres d'épaisseur) présente une schistosité subverticale orientée 65°, cependant que la stratification, finement ondulée, a une direction moyenne de 155° avec un pendage de 70° W.SW.

Hormis ces cas exceptionnels, la stratification n'a pas été distinguée de la schistosité (schistes homogènes en particulier); on peut penser que stratification et schistosité sont souvent concordantes, mais ce n'est nullement évident.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, les schistes sont traversés par un grand nombre de *filons de quartz* de toutes dimensions (puissance variant du centimètre à l'hectomètre). Cette remarque est fort utile pour la cartographie, car le quartz résiste bien à la latéritisation et aux autres altérations superficielles, et, dans les régions dépourvues d'affleurements, la présence de débris de quartz laisse présumer un sous-sol schisteux que l'on peut alors essayer d'identifier dans les déblais de puits.

Ces filons sillonnent la roche dans toutes les directions; il semble cependant qu'ils sont plus nombreux dans le sens de la schistosité. Ainsi que le fait remarquer L. BAUD (1941), ils sont plus rares dans le cercle de Kaya.

SCHISTES ARGILEUX

Cette dénomination a été employée par plusieurs géologues de Haute-Volta : L. BAUD (1941), J. SAGATZKY (1954). En effet, un simple examen macroscopique suffit à classer ces schistes comme « schistes argileux » : ils ont un grain très fin, ils sont tendres, ils happent à la langue (moins cependant qu'une argile pure).

Pourtant, au Nord et à l'Est de la Haute-Volta, J. DELORME (1951) et P. MASCLANIS (1955), ne voulant pas préjuger de la nature argileuse des constituants en l'absence d'une étude suffisamment approfondie, adoptent le nom de « schistes rouges ». Personnellement, je préfère ne pas conserver ce nom car il prête à confusion : en effet, la plupart des schistes tufacés sont également rouges, et, d'autre part, s'il est vrai que les schistes argileux sont en majorité rouges, ils ne le sont pas tous.

Comme tous les termes qui n'ont pas fait l'objet d'une définition scientifique rigoureuse, l'expression *schiste argileux* est usée par un emploi désordonné et il semble préférable de rechercher un autre terme. Le mot *argilite* désigne, selon J. JUNG (1958, § 144), des « argiles durcies, soit par simple compaction, soit par une légère imprégnation par de la silice »; ce n'est donc pas exactement le mot qui nous convient. Par contre, le même auteur (*ibid.*) définit le terme anglais *shale* (1)

1. Mot dérivant du français *escaille* qui désignait une roche clivable, « écailleuse ».

« dans les variétés appelées *shales* par les géologues anglais, des impuretés (sableuses, micacées ou calcaires) sont rassemblées dans certains lits qui alternent avec des lits d'argile plus pure. Les *shales* ont une consistance plus pierreuse que celle des argiles pures et ils se débitent en plaquettes grossières ».

Dans un article récent, (H. A. TOURTELOT (1960) fait l'historique de l'emploi du mot *shale* et il conclut : « *shale* is the generally accepted name for the class of fine-grained rocks, of equal standing with sandstone and carbonate as names for major rock groups. We are committed, I think, to the continued use of the word *shale* for this purpose, and I see no reason to try to avoid it. Certainly our comprehension is broad enough to include two meanings of the word *shale* : first, the reasonably precise meaning of *laminated clayey rock* to which the origin of the work entitles it, and second, the meaning of the *general class of fine grained rocks* which our historical use of the word bequeaths to it. »

Malgré l'inconvénient que présente l'emploi d'un terme étranger dans un texte français (1), il est préférable d'adopter un mot qui présente l'avantage d'avoir en anglais une acception plus large que n'importe quel terme français.

Au microscope, la texture schisteuse fine est caractéristique; à côté du quartz (1/3 à 2/3 de la roche), on observe des minéraux phylliteux (2) (au contraire, dans les schistes d'Yassane qui, macroscopiquement, présentent beaucoup de ressemblances avec ceux du groupe de Riziam, on n'observe que quelques paillettes de séricite, le reste de la roche semblant amorphe ou cryptocristallin). Dans les schistes blancs (exceptionnels), il n'y a pas de minerai; dans les schistes gris (rares), le minerai est noir et anhydre : magnétite, ilménite; enfin, les schistes rouges qui sont les plus fréquents doivent leur coloration au sesquioxyde : anhydre (oligiste) ou plus souvent hydraté (gœthite, limonite).

Quelques *shales* plus riches que les autres en séricite constituent une étape intermédiaire entre les schistes argileux et les séricitoschistes. Tels sont les affleurements de Tanmiougou, de Mané-boulli et de Tikaré (dans ce dernier, le mica est la ferrimuscovite).

SCHISTES TUFACÉS

Ce terme a été employé pour la première fois, dans la série de Yatakala, par M. ROQUES (1945), par comparaison avec les roches décrites dans le Birrimien de Gold Coast par les géologues britanniques. Macroscopiquement, ces schistes sont caractérisés par la présence de grains blancs millimétriques souvent disposés en lits parallèles à la schistosité. Au microscope, ces grains peuvent être déterminés comme des débris pyroclastiques de quartz accompagné ou non de feldspaths. On peut observer aussi du quartz secondaire hétérogranulaire. Le reste de la roche est formé soit de grains d'hématite rouge ou de gœthite (tendance vers les tufs et les quartzophyllades ferrugineuses), soit de minéraux amorphes ou cryptocristallins avec ou sans séricite (tendance vers les schistes argileux).

Comme les précédents auxquels ils sont fréquemment associés, ces schistes sont très communs : In Guiguiten, Sud-Est de Gaïgou, Kourfadié, Sud de Zimetanga, Nord-Est de Tikaré, etc.

1. Il y a de nombreux précédents : *graben*, *dyke*, *sluice*, *thalweg*, etc..., et, d'ailleurs, le terme *shale* est, lui-même, de plus en plus employé par les sédimentologues français (J. LOMBARD et P. NICOLINI, 1959).

2. Ceux-ci seront étudiés plus loin (pp. 93 à 101).

Roches d'importance secondaire dans le groupe de Riziam

Les *quartzites* sont des roches massives, à grain très fin, où il est souvent difficile de reconnaître à l'œil nu une stratification, une direction d'orientation ou un pendage. La couleur est généralement noire, moins souvent grise, blanche, ocre, rougeâtre ou violacée. Ils ne constituent pas de grands massifs; ils apparaissent sous forme de petits affleurements ou, plus rarement, de collines isolées.

QUARTZITES A MINERAI

Suivant la quantité de minéral, ils sont gris (E.NE de Cinémaïdio, Nord de Koukoulkoïla) ou, plus souvent, noirs. L'examen microscopique montre le quartz à texture engrenée, parfois disposé en lits composés de grains de deux grosseurs différentes (par exemple 1/2 mm et 1/10 mm : Nan-Ouayan, entre Zam et Kourgou), ce qu'il ne faut pas confondre avec des filonnets de quartz concordant avec la schistosité. Le minéral noir, en grains de 1/10 mm ou plus petits, est généralement disposé dans les interstices. Suivant les affleurements, il peut être lité (Séguenéga, Yirim, Sud-Ouest de Dapadma) ou non (Goudry, Ouest et Nord-Ouest de Mané, Sud d'Aribinnda); exceptionnellement, le minéral peut être inclus dans les grains de quartz (entre Komsim et Gangarguy). Souvent ce minéral, très fin, est difficilement déterminable; cependant, on peut quelquefois reconnaître la magnétite, ou, rarement, l'oligiste (Gan).

L'analyse chimique partielle d'un quartzite qui, au microscope, semble un des plus chargés en minéral (échantillon n° 293, lame mince photographiée) fait apparaître 0,60 % de Fe_2O_3 ; 0,90 % de FeO et 0,10 % de TiO_2 , soit, au total, moins de 2 % de minéral pour 96,60 % de silice totale, le complément étant fourni par des traces de séricite et de calcite.

La *pyrite* est quelquefois présente dans les quartzites à minéral (Nord de Gountouwala) et parfois visible à l'œil nu (Soulsi).

QUARTZOPHYLLADES FERRUGINEUSES

Ce sont des roches d'un noir rougeâtre présentant une structure schisteuse, souvent ondulée. Au microscope, elles apparaissent composées essentiellement de quartz et d'oxydes de fer avec, exceptionnellement, quelques paillettes de séricite. Le quartz, très finement cristallisé, est hétérogranulaire; le minéral de fer — hématite, goëthite, ou plus souvent limonite — est disposé en amas, en traînées ou en filonnets (ce qui atteste une circulation du fer dans la roche). On observe quelquefois de la silice fibreuse (calcédoine) ou des filonnets de quartz à grain plus gros; dans ce cas, il y a eu également une circulation de la silice.

Ces quartzophyllades affleurent dans le canton de Boussouma, en particulier près de Goudry (Imiougou), dans l'Oudalan (Gountouré Ibirdi) et au Sud de Kirsî, mais elles sont plus communes dans le cercle de Djibo (Nord de Guïoumo, Ouest d'Aribinnda, région de Filio-Yalanga) où J. DELORME (1951) les a signalées. P. MASCLANIS (1955) a décrit des roches analogues sous le nom de *schistes quartzo-ferrugineux*, en particulier dans le massif de Dipienga-Bassiéri, à une cinquantaine de kilomètres E.SE de Bogandé; mais, bien que présentant une structure schisteuse, ces roches n'ont pas la composition de schistes: un schiste est, en principe, une roche argileuse ou d'origine argileuse, contenant donc de l'alumine, ce qui n'est pas le cas ici; c'est pourquoi je préfère le terme « quartzophyllades ».

QUARTZITES SÉRICITEUX

Certains quartzites contiennent une plus ou moins grande quantité de séricite, ce qui, quelquefois, leur donne un débit en plaquettes:

quartzites sériciteux (sans minéral) : Goungla, Layan, Raguitenga, Sud d'Ougha;

quartzites sériciteux à minéral : Gaoua, Kosgho, Sud-Est de Zam, Sud de Kirsî, Mantouellé;

quartzites en plaquettes : Aribinnda, Dim, Niafo, Férétaka, Est de Gorgadji, Sud de Pinsa;

quartzites riches en séricite (passage aux séricitoschistes) : canton de Boussouma, Ouest de Zilemsomdé, Sud d'Yalogo.

SÉRICITOSCHISTES

Ce sont des roches phylliteuses, blanches ou beiges (légèrement colorées par la limonite). Au microscope, la séricite, abondante, se présente en fines lamelles orientées (structure schisteuse), cependant que la moitié de la roche est formée par de petits cristaux de quartz. Les séricitoschistes, roches tendres et friables, ne constituent que rarement des affleurements notables (collines de Nogoirpoulou et d'Andem); ailleurs, on ne peut les observer que sous une forme altérée, dans les vallées, les tranchées de route ou à la surface du sol (Tinié, Sud-Ouest de Balliata, Est de Zamo, Mogotédo, Soula, Nord de Pofana, Ouest du canton de Boussouma, Sud-Ouest du Ganzourgou).

Dans quelques séricitoschistes, de couleur verdâtre, d'aspect satiné, la chlorite accompagne la séricite, avec souvent la zoïsité, l'épidote et le minéral. Signalons quelques petits affleurements : entre Bélogotenga et Gounguin, à l'Ouest de Bamga et près du chemin de fer à l'Est de Zamo.

Roches rares et exceptionnelles

TUFS

Le mot « tuf » étant souvent employé avec des significations qui manquent de précision, je cite la définition donnée récemment par J. SAGATZKY (1) : « nous appelons « tuf » une roche détritique d'origine pyroclastique, meuble, d'aspect homogène et très pauvre ou exempte de micro-fragments anguleux de roches volcaniques; tandis que les faciès durs, d'aspect nettement hétérogènes, riches en micro- ou en macrofragments répondent mieux à la notion de grauwaacke ».

Cette définition ne me satisfait pas entièrement; en effet, J. SAGATZKY semble faire une distinction importante suivant que la roche est *meuble* ou non. Je pense que les roches meubles qu'il décrit ainsi sont une certaine catégorie de tufs, les *cinérites*, et je préfère conserver le nom de *tuf* lorsque la roche est compactée, ce qui est le cas en Haute-Volta.

Nos tufs contiennent essentiellement des grains de quartz (et de feldspaths plus rares), dont certains sont pyroclastiques, accompagnés de minéraux ferrugineux. Les minéraux micacés et argileux sont naturellement beaucoup moins abondants que dans les schistes tufacés. La roche peut être jaune, rouge brique, lilas ou gris foncé, suivant la nature du minéral. Par suite de l'insuffisance des minéraux phylliteux, elle présente rarement une texture schisteuse.

Les tufs ont été observés en plusieurs points du canton de Boussouma (Ilyalla, Napamboumbou, Kougrizougou) ainsi qu'à l'Ouest de Hoka, au Nord-Est de Tounté, etc.

1. *Op. cit.* (1959) p. 592.

Voici l'analyse chimique complète (1) d'un grès ferrugineux tufacé provenant d'Ilyalla ($L = 1^{\circ} 1'$; $= 12^{\circ} 49'$), à environ 8 km à l'est de Korsimogho (n° 737) :

ANALYSE N° 737

Composition centésimale en poids		Pourcentages ioniques (2)	
		« cations »	« anions »
Si O ₂	49,25	Si = 57,35	114,70
Al ₂ O ₃	3,55	Al = 4,85	7,28
Fe ₂ O ₃	33,87	Fe''' = 29,55	44,32
Fe O.....	1,15	Fe'' = 1,10	1,10
Mn O.....	0,10	Mn = 0,10	0,10
Mg O.....	0,15	Mg = 0,27	0,27
Ca O.....	0,23	Ca = 0,28	0,28
Na ₂ O.....	0,45	Na = 1,02	0,51
K ₂ O.....	0,05	K = 0,08	0,04
Ti O ₂	6,00	Ti = 5,25	10,50
P ₂ O ₅	0,12	P = 0,10	0,25
H ₂ O ⁺	5,33		OH = 40,70
H ₂ O ⁻	0,34		
	100,59	99,95	220,05
		moins O pour OH :	20,35
			199,70

Cette analyse appelle les remarques suivantes :

1° Fe''' et Ti sont largement excédentaires par rapport à Fe''; cette particularité est commune avec les schistes argileux dont nous étudierons plus loin la composition.

2° Les proportions relatives de OH et de Fe''' confirment ce qui a été observé au microscope : le minerai rouge est un minerai semi-hydraté, goethite ou lépidocrocite, et non l'oligiste ou la limonite.

3° Le rutile n'ayant pas été observé, le minerai noir doit être la titanohématite (et non l'ilménite ou la magnétite, Fe'' étant insuffisant).

4° Un minéral incolore et isotrope qui est probablement la gibbsite a été observé au microscope; par ailleurs, les alcalins sont en très petites quantités et les feldspaths, s'ils existent, ne doivent pas dépasser 5 %; ils n'ont pas été observés au microscope, mais ce sont peut-être de très petits débris pouvant être confondus avec le quartz.

5° La plus grande partie de la silice est exprimée sous forme de quartz.

GRAUWACKES.

Ce terme ayant, en allemand et en français, deux significations différentes (grauwackes arénacées et grauwackes de décalcification), je précise qu'il s'agit ici uniquement des premières qui correspon-

1. Sauf indication contraire les analyses publiées dans ce mémoire ont été faites par Mme B. MARTINET, chimiste du Service de Géologie et de Prospection Minière (Dakar).

2. Présentation conforme à la proposition de P. ESKOLA (1954).

dent au sens du mot anglais « greywackes » (1). Ce sont des grès d'origine volcano-sédimentaire contenant des éléments détritiques et pyroclastiques comprenant en particulier des micro- et macro-fragments de roches volcaniques. J. SAGATZKY, cité plus haut, met également l'accent sur l'aspect induré de la roche.

D'après H. et G. TERMIER (1953), les grauweekes « proviennent d'une altération et d'un transport des éléments de cette roche (*le basalte*) sous la mer (généralement dans les géosynclinaux) », et leur « composition chimique montre de l'alumine, de la soude, de la chaux, du fer et de la magnésie en proportions notables ».

Ce sont des roches détritiques feldspathiques, mais, à la différence des arkoses, elles contiennent des amas hétérogènes composés de séricite, chlorite, épidote, voire actinote et calcite. Les rares grauweekes que j'ai observées en Haute-Volta (par exemple à 21 km au Nord de Dori) proviennent de roches moins basiques que le basalte car elles contiennent du quartz.

SCHISTES GRIS ET NOIRS.

a) *Schistes graphiteux.*

Je groupe sous ce titre un certain nombre de roches qui n'ont en commun que la propriété de contenir du graphite en plus ou moins grande quantité (jusque 15 ou 20 %). Ce sont soit des schistes argileux (Tanmiga, au Nord-Ouest de Korsimogho; Perquoi), des tufs (Nord-Est de Tounté), des schistes à séricite et andalousite (Zano), des schistes micacés (Balliata).

b) *Schistes manganésifères.*

L. BAUD (1941) a reconnu l'existence de plusieurs affleurements de schistes manganésifères dans le cercle de Kaya : Sud-Ouest de Pibaoré, Sud de Goudry (Soubeigha), Sud de Louda, Sud du lac de Dem, Ouest de Dem, Doumtenga, Est de Bokin (Téma); j'en ai observé quelques autres : Nord de Quoidemain, Nord de Soubeigha, entre Soula et Koala. Ce sont des schistes imprégnés localement de minerais noirs qui n'ont pas été déterminés avec précision. L'analyse d'un schiste provenant de la colline Yalabépéen, à 5 km au Nord de Quoidemain (n° 79) a donné 12 % de Mn métal, soit 19 % de Mn O₂. Quelquefois, ces schistes renferment de minces bancs de gondite.

De tels schistes manganésifères sont bien connus au Ghana où, associés à des quartzites à spessartine, ils constituent un horizon bien déterminé du Birrimien supérieur. E. W. MOLLY (1946) a décrit cet horizon en moyenne Côte-d'Ivoire. Dans le Sud de la Haute-Volta, J. SAGATZKY (1954) affirme avoir reconnu l'existence d'un horizon manganésifère; cependant, il ne l'a pas cartographié. Au Nord de la Haute-Volta, J. DELORME (1951) signale la présence de minerai de manganèse dans des schistes argileux (série de Gaïgou), mais l'affleurement est très limité et il n'est pas question d'en faire un horizon. Enfin, à l'Est de la Haute-Volta, P. MASCLANIS (1955) n'observe pas de manganèse dans les schistes.

Dans la région qui nous intéresse, ni L. BAUD, ni moi, nous n'avons pu mettre en évidence l'existence d'un horizon manganésifère : si ces indices appartiennent à un horizon, il est très probablement discontinu. Il y a donc tout lieu de croire que l'horizon manganésifère de Côte-d'Ivoire et du Ghana est encore visible dans le Sud de la Haute-Volta, devient discontinu au centre et disparaît complètement au Nord et à l'Est de cet Etat.

1. C'est le seul sens qui ait été conservé dans l'*Essai de nomenclature des roches sédimentaires* (éditions Technip, Paris, oct. 1961).

SCHISTES MICACÉS ET CHLORITEUX.

a) *Micaschistes.*

Verdâtres ou plus ou moins noirs selon la quantité de biotite qu'ils contiennent, ils présentent une structure schisteuse fine et une texture granolépidoblastique. Le quartz est très abondant, le microcline rare ou absent. La biotite, très pléochroïque, est en quantité variable : abondante à l'Ouest de Zam où elle domine nettement la muscovite, elle est au contraire très subordonnée et associée à la chlorite à l'Est de Zamo et au Sud-Est de Sacoinsé (Ganzourgou). Signalons aussi, non loin de ce dernier affleurement, une petite colline d'un micachiste très riche en quartz que l'on pourrait appeler « quartzite à biotite », au Sud de Liguidi Manegham. On remarque que tous ces affleurements sont proches du 12^e parallèle au Sud duquel J. SAGATZKY a également signalé des micaschistes. Par contre, ce faciès semble disparaître au Nord de la Haute-Volta.

b) *Chloritoschistes.*

Composés essentiellement de chlorite et de quartz (et, éventuellement, séricite et minéral), avec une texture lépidoblastique, les chloritoschistes constituent quelques collines au Sud-Ouest de Zilemsomdé, au Sud-Est de Zam (Talembika), au Nord de Kouri et à l'Ouest de Bilanga. On observe également quelques petits affleurements plus ou moins altérés dans le Sud-Ouest du Ganzourgou, à l'Ouest de Bila Yanga, au Sud de Sirkango et entre Rondo et Gongouré.

ROCHES CARBONATÉES : *Calcochloritoschistes.*

Ces roches verdâtres sont compactes et ne présentent pas toujours une structure schisteuse ; aussi, le nom que leur ont donné les géologues de la Province Birrimienne semble-t-il assez peu justifié. Je le conserve surtout parce que je n'en ai pas de meilleur à proposer.

Les cristaux de carbonate sont souvent visibles à l'œil nu : ce sont des rhomboèdres beiges de 1 à 2 mm. Au microscope, on remarque en premier lieu l'abondance des carbonates (calcite et parfois dolomite), imbriqués en mosaïque. Le quartz est très abondant, les feldspaths rares ou absents. La chlorite et la séricite existent en quantités variables. La présence de minéral, comprenant souvent la pyrite, est constante.

Ces roches ne constituent pas de grands massifs mais les petits affleurements sont assez nombreux : Ouest du canton de Boussouma (Napamboumbou, Sud d'Ougha, Nord de Zouritenga), Sud-Est de Boboulo, Sud d'Ankouna.

QUARTZITES.

a) *Quartzites blancs.*

Les quartzites purs sont très rares. Signalons deux affleurements : celui de Koudga, à 13 km au Sud de Koala (cercle de Bogandé) et celui de Hègha (canton de Mané), à 2 km W.N.W. du petit bois de cailcédrats de Zèko.

b) *Quartzites pyriteux.*

Le quartzite de Bavillers est une roche claire à grain fin, pyriteuse et légèrement aurifère ; il constitue un affleurement de quelques centaines de mètres.

c) *Quartzites manganésifères.*

Entre Soula et Tinidaoui, on remarque une colline formée d'un quartzite noir à grain très fin renfermant des minerais de fer et de manganèse avec un peu de spessartine inaltérée. A l'Est-Nord-Est d'Oursi, près du village de Bouloye, un petit affleurement est constitué par une roche

dense où l'examen en section polie permet de reconnaître plus de 40 % de psilomélane et de polianite, cependant que le quartz et le grenat (probablement spessartine) forment des agrégats plus ou moins soudés.

d) *Quartzites à chlorite.*

Ce sont des roches d'une couleur sombre (ce qui est dû à la présence de minerai), composées essentiellement de quartz finement cristallisé, avec de très fines aiguilles de chlorite en inclusion dans le quartz et des lamelles de chlorite plus grosses et libres. Je les ai observés dans le canton de Mané (Ouest de Bokin et région Yargo-Soulsi), ainsi qu'au Nord de la montagne de Kolel (Oudalan).

e) *Quartzites feldspathiques.*

La structure détritique est quelquefois encore visible, mais, le plus souvent la roche est très finement cristallisée et seule la grande proportion de quartz par rapport aux feldspaths permet d'affirmer qu'il s'agit de quartzites feldspathiques et non de roches cristallines. La chlorite, la séricite, l'épidote, la zoïsité et le minerai sont courants quoique peu abondants; la biotite et l'actinote sont plus rares. Signalons quelques petits affleurements, tous situés au Nord du 13^e parallèle : Nord-Est de Zogoré, Nord-Ouest d'Inngané, Manéboulli, Nord de Kouni-Kouni Nord-Ouest de Djibo.

ROCHES A STAUROTIDE ET ANDALOUSITE.

Un chantier de prospection de M. BLANCHIER a découvert au Nord-Est de Séguenaga une quartzophyllade à grands cristaux de staurotide renfermant des inclusions de quartz et de goethite. Dans la même région, de petits affleurements de quartzite riche en séricite contiennent grenat et staurotide.

A 3 km à l'Est d'Yalanga, dans le canton d'Aribinnda, on remarque deux petites collines distantes d'environ 500 m, formées d'un quartzite riche en séricite dans lequel on observe des cristaux automorphes d'andalousite séricitisée.

Le schiste sériciteux et graphiteux de Zano est très chargé en cristaux de quelques millimètres d'andalousite altérée.

Série de Bamga

CARACTÈRES GÉNÉRAUX.

La série est composée de plusieurs affleurements présentant en commun une orientation W.NW - E.SE. Dans les roches à biotite et à chlorite, l'orientation est due à la schistosité; par contre, dans les roches dépourvues de phyllites, on observe des lits de petits grenats, visibles à l'œil nu.

Ce sont des roches massives, à grain fin, en général assez claires (verdâtres lorsqu'elles renferment de l'épidote). Au microscope, la texture est recrystallisée : engrenée, granoblastique ou porphyroblastique. Le quartz et le plagioclase (oligoclase ou albite) sont abondants. Le microcline est rare ou absent. Il s'agit donc de gneiss plagioclasiques.

SITUATION DES AFFLEUREMENTS.

Le principal affleurement est une chaîne de collines situées à une vingtaine de kilomètres S.S.W. de Dori, à l'Ouest de la route de Dori à Kaya, entre les villages de Bamga et de Koury;

l'altitude atteint une centaine de mètres au-dessus de la pénéplaine, mais elle décroît aux deux extrémités : l'affleurement se prolonge au Sud-Est de Bamga et au Nord-Ouest de Koury.

A une cinquantaine de kilomètres au S.S.W de Bamga, entre Calio et Taparko, on observe quelques collines d'un gneiss verdâtre d'orientation parallèle au précédent.

Une cinquantaine de kilomètres plus loin vers le S.S.W, entre Zérédérin et Kalitagha, on remarque une colline et quelques affleurements de gneiss vert, bien lité, ayant la même orientation.

Il est possible de rattacher à la série de Bamga une colline de gneiss située à une quinzaine de kilomètres au Nord d'Aribinnda, au lieu-dit Gonnoukoubé, mais cette hypothèse est incertaine car, si la composition minéralogique est très voisine, l'orientation subméridienne est nettement différente de celle de la série.

On remarque que tous ces affleurements sont situés dans le Nord et l'Est de la région étudiée.

DIFFÉRENTS FACIÈS.

Malgré son unité d'ensemble, la série de Bamga présente une certaine diversité due à la nature des minéraux caractéristiques qui constituent jusqu'à 20 % de la roche. Ces minéraux peuvent être :

a) *la hornblende verte*, associée à de beaux cristaux de sphène avec un peu d'épidote et de zoïsite (E.NE de Koury) ;

b) *la biotite et la hornblende verte* (Nord de Gonnoukoubé) :

c) *la biotite et le grenat*, associés à un peu de hornblende bleutée, avec épidote, zoïsite, séricite et sphène (N.NW de Koury) ;

d) *le grenat et l'épidote*, avec accessoirement, biotite, muscovite, calcite, ou zoïsite (Ouest de Bamga) ;

e) *l'épidote* dominant la zoïsite (Sud de Bamga) ;

f) *l'épidote* accompagnée d'un peu de zoïsite, chlorite et calcite (Nord de Zérédérin ; entre Calio et Taparko) ;

g) *la biotite, la chlorite et la muscovite* (Sud-Est de Koury, Sud-Est de Calio).

Les variétés à grenat sont les plus leucocrates ; les variétés à épidote sans grenat sont plus riches en éléments colorés.

Série de Tourcoingbam

CATACTÈRES GÉNÉRAUX.

La série de Tourcoingbam est constituée par une roche blanche ou gris clair de grain assez gros, ou même à tendance conglomératique. L'examen au microscope permet de reconnaître des cristaux globuleux de quartz enrobés dans un ciment formé par de fins cristaux de quartz et des paillettes de séricite. Il s'agit donc de *grès-quartzite*. Un litage dû à la présence de grains de magnétite très fine est quelquefois observable. On remarque une certaine recrystallisation du quartz ; cependant, s'il s'agit d'une action métamorphique, elle est très légère.

AFFLEUREMENTS.

L'affleurement de Tourcoingbam a quelques dizaines de mètres de hauteur ; très limité dans le sens N - S (cent mètres environ) il constitue une bande de 2,5 km de longueur, allongée E - W, sur la bordure nord de la route de Kaya à Ouahigouva. Au Sud de la route on n'observe que les roches basiques de la série de Dacola et leur faciès d'altération ; Au Nord, les grès-quartzites s'ennoient sous l'arène granitique ; à l'Est, ils disparaissent sous la latérite ; à l'Ouest,

ils sont limités par le lac, et l'on observe aucun affleurement sur la rive ouest du lac. Les pendages ont pu être mesurés en plusieurs endroits aux environs de Tourcoingbam; ils varient de 25° à 36° vers le S.SW; avec une direction allant de 106° M à 125° M (soit en moyenne W.NW - E.SE). Dans l'ancienne carrière de Tourcoingbam, au point de départ de la piste de Djibo, j'ai pu observer la superposition des grès-quartzites sur les schistes tufacés.

A une dizaine de kilomètres de Tourcoingbam, entre Darbité et Biliga, j'ai observé un amoncellement de grès-quartzite blanc ou localement ferruginisé, allongé en direction W.SW - E.NE, mais il n'est pas certain que ce soit un affleurement.

Au Nord de Guibaré, on observe quelques affleurements verticaux d'un grès-quartzite analogue. Il s'étend sur une longueur de 1 100 mètres en direction NE-SW, mais sa largeur ne dépasse pas 150 mètres.

Au Nord de Sinndiri, enfin, on trouve une colline et quelques affleurements de grès-quartzite allongé NE-SW, dont le pendage n'a pas pu être relevé.

Les affleurements de Guibaré et de Sinndiri, distants de quatre kilomètres, sont en prolongement et la discontinuité que l'on observe sur le terrain est due au passage d'un oued. Par contre, rien ne permet d'affirmer qu'il y a eu autrefois continuité entre les affleurements de Guibaré et de Tourcoingbam qui sont distants de 27 km.

Série de l'Oudalan oriental

Au Nord-Est de Tin Agadel, on observe quelques collines d'un grès-quartzite grossier de teinte grise. La structure est détritique. Des phénocristaux de quartz globuleux à extinction roulante, souvent accompagnés de quelques plagioclases limpides et, plus rarement, de fragments de perthite, apparaissent dans une mésostase formée de quartz très fin, feldspaths, séricite, épidote, calcite et minéraux argileux.

A Kel Eguieuf (Est de Gorom-Gorom) il n'y a pas de feldspaths et la roche est simplement un grès-quartzite sériciteux. La colline s'allonge sur 2 km de l'Est à l'Ouest; le pendage n'a pas été observé.

A Gountouré Ibirdi (Nord de Saouga), le grès-quartzite n'est pas sériciteux mais ferrugineux. Le pendage est 45° vers le N.NW.

Enfin, au Sud-Ouest de Gaïgou, le caractère feldspathique du grès-quartzite s'accroît et la roche devient une véritable arkose; en même temps, le grain devient plus grossier (tendance conglomératique).

Ces quelques affleurements un peu disparates sont des fragments et des buttes-témoins d'une importante série que j'ai observée à l'Est du méridien 0° , hors de la région qui nous intéresse actuellement. Cette « série des grès-quartzites, arkoses et conglomérats de l'Oudalan oriental » s'étend sur plusieurs centaines de kilomètres carrés.

Groupe de Dacula

Les séries de Bamga, de Tourcoingbam et de l'Oudalan oriental n'ayant qu'une extension réduite, nous venons de les passer rapidement en revue. Avec le groupe de Dacula, nous abordons maintenant l'étude d'une formation dont l'importance est comparable à celle du groupe de Riziam.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DU GROUPE.

Par opposition avec le groupe de Riziam, les roches du groupe de Dacola sont caractérisées essentiellement par la présence de silicates calciques : épidotes (et, ou) amphiboles. Ce sont en effet des roches assez riches en chaux (1). Les quelques analyses chimiques complètes qui ont été effectuées par le laboratoire du Service de Géologie et de Prospection Minière à Dakar (16 pour la série de Dacola et 7 pour le groupe de Riziam) font apparaître une nette discontinuité chimique entre les deux groupes :

	Groupe de Dacola	Groupe de Riziam (sans les calcochloritoschistes)	calcochloritoschistes
Ca O....	5,25 à 12,62	0,18 à 0,85	5,60 à 6,70
Mg O...	2,62 à 11,10	0,00 à 0,66	3,20 à 7,60
Si O ₂ ...	45 à 59	59 à 80	
Al ₂ O ₃ ...	8,5 à 17,5	12 à 20	

A la suite de M. ROQUES (1945, 1948), la plupart des géologues français d'Afrique occidentale ont pris l'habitude de nommer *roches vertes* les roches que nous allons énumérer dans ce chapitre. Il s'agit d'un paléofaciès de roches neutres ou basiques ayant subi des transformations conduisant à l'apparition de toute une série de minéraux verts : chlorite, ouralite, épidote (saussurite). Le terme *ophiolites* employé par d'autres auteurs concerne plutôt des roches basiques et ultra-basiques; il n'est donc pas absolument synonyme de *roches vertes*.

SITUATION DES AFFLEUREMENTS.

Le nom du groupe a été emprunté au canton de Dacola (chef-lieu : Bouré) où il constitue un important massif de schistes amphiboliques et d'épidotites à amphibole, qui s'étend d'ailleurs sur les cantons voisins : Samba et Yako.

Le groupe présente également une grande extension au Nord d'Ouahigouya, dans l'angle formé par les routes Ouahigouya-Mopti et Ouahigouya-Djibo; ainsi que dans le Sud du cercle de Kongoussi; au Nord-Ouest, à l'Ouest et au Sud de Kaya; dans les cantons d'Abchouya et de Tougouri et dans le Nord-Est du cercle de Djibo. Au total, le groupe de Dacola affleure sur une surface d'environ 4 000 km².

Dans toutes ces régions, les roches des groupes de Riziam et de Dacola sont associées et l'on n'a jamais pu mettre en évidence une discordance entre elles; elles présentent d'ailleurs souvent une schistosité commune.

Mais cette association des deux groupes n'est pas constante : les roches vertes se présentent souvent seules dans les cantons de Pouny et de Réo, dans le cercle de Dori et en de nombreux petits affleurements isolés dans la masse granitique (Dablo-Bini, Pèlehonté, etc.); par contre, on observe des schistes sériciteux et chloriteux sans roche verte dans le Sud-Ouest du Ganzourgou et dans le Sud du cercle de Bogandé.

1. Dans un pays pratiquement dépourvu de calcaire comme la Haute-Volta, les sols formés par l'altération superficielle des roches du groupe de Dacola (et, accessoirement, des roches éruptives basiques) sont nettement plus favorables aux cultures de toutes sortes et, en particulier, à celle du coton, que les sols des grandes pénéplaines granitiques pauvres en chaux.

CLASSIFICATION DES ROCHES VERTES.

Nous distinguerons d'abord celles qui présentent une ancienne texture encore reconnaissable et celles dont l'ancienne texture a disparu. Dans le premier groupe, les roches seront classées d'après leur texture ancienne : grenue, microgrenue, ophitique, microlitique ou bréchique; dans le second groupe, on pourrait envisager un classement d'après la texture actuelle mais il a paru plus intéressant de se baser sur la nature de l'amphibole :

- Roches sans amphibole;
- Roches à actinote (ouralite);
- Roches à trémolite;
- Roches à hornblende verte : hornblende seule;
hornblende et biotite;
hornblende et pyroxène.

Roches présentant une ancienne texture encore reconnaissable

CARACTÈRES COMMUNS.

Ces roches sont reconnaissables à leur texture, mais leurs minéraux primaires sont, pour la plupart, remplacés par des minéraux secondaires :

a) *Saussuritisation des plagioclases.*

Les plagioclases disparaissent parfois complètement, mais on reconnaît leurs formes, dénommées « fantômes » et leurs emplacements sont remplis par des agrégats de minéraux de quelques microns où l'on reconnaît, avec difficultés, le quartz, l'albite, l'épidote, la zoisite, souvent la séricite et quelquefois la calcite.

Dans d'autres cas, une fraction plus ou moins importante du plagioclase reste intacte et les minéraux résultant de la saussuritisation se présentent comme une poussière d'inclusions. Quelquefois, la plus grande partie du plagioclase reste limpide et l'on n'observe que des inclusions espacées, sans orientation visible, d'épidote, de zoisite, etc...

Dans un cas moins fréquent, le plagioclase est simplement séricitisé (inclusions de séricite, à l'exclusion d'autres minéraux). Enfin, le cas où le plagioclase est kaolinisé (?) semble relever plus de l'altération superficielle de la roche que du métamorphisme.

D'après H. de la ROCHE (1957), citant W.M. GOLDSCHMIDT, « la saussuritisation a été définie comme une pseudomorphose par laquelle des plagioclases plus ou moins riches en calcium évoluent vers l'albite, tandis qu'un minéral du groupe épidote-zoisite apparaît en petits grains ou en aiguilles à l'intérieur des cristaux de feldspaths. Les caractères cristallographiques du plagioclase originel sont conservés, y compris la position des macles polysynthétiques et la distribution des grains d'épidote reproduit parfois un zonage du plagioclase originel ».

Le phénomène observé dans les roches basiques de Haute-Volta est un peu plus complexe, puisqu'il comporte couramment l'apparition de quartz et de séricite, et quelquefois de calcite.

b) *Autres phénomènes.*

L'ouralisation des pyroxènes est fréquente.

La chloritisation de la biotite, la séricitisation du microcline, la serpentinitisation de l'olivine sont des phénomènes classiques, mais je les ai peu observés en Haute-Volta, par suite de la rareté de la biotite, du microcline et de l'olivine dans les roches d'où proviennent les formations de Dacola.

Le quartz et le minerai sont probablement les seuls minéraux qui demeurent intacts au cours du métamorphisme; encore n'est-il pas exclu que les contours des grains de quartz puissent se trouver modifiés (recristallisation) ni que la titanomagnétite se transforme en leucoxène.

NOMENCLATURE.

Les géologues français d'Afrique occidentale ayant, au début de leurs travaux, marché sur les traces des géologues britanniques, ont eu tendance, pendant longtemps, et surtout depuis les

publications de M. ROQUES, à employer dans leurs écrits des termes anglais calqués et non traduits. Ainsi, chaque fois que la roche cristalline originelle a pu être déterminée, on emploie le préfixe *méta* devant son nom : méta-gabbro, méta-basalte, méta-dolérite, etc. Ce préfixe, utilisé au sens anglo-saxon (1), évoque le métamorphisme subi par la roche, sans préjuger de l'intensité de ce métamorphisme. Cette nomenclature est donc fort simple; elle ne présente qu'un inconvénient : le préfixe *méta* a déjà été employé en français par A. LACROIX avec une toute autre signification : pour cet auteur, il s'agit de roches ayant subi une métagénèse. Enfin, plus récemment, J. JUNG (1958) n'emploie le terme « méta-andésites » qu'à propos d'andésites ayant subi le métamorphisme de contact.

Comme on le voit, cette question de nomenclature n'est pas très claire (2); il semble préférable d'éviter les termes « méta-gabbro », etc. et d'écrire simplement « gabbro métamorphisé » ce qui n'est ambigu pour personne (3). Certains géologues ouest-africains objecteront peut-être que l'emploi d'un seul mot est plus pratique que l'emploi de deux mots, mais je pense au contraire qu'il est inutile d'employer des mots nouveaux dont la signification n'est pas admise par tout le monde, si l'on est obligé de les définir avant de les employer.

I. ROCHES PRÉSENTANT UNE ANCIENNE TEXTURE GRENUE.

D'après la composition minéralogique, on peut distinguer des roches acides, neutres et basiques ces dernières étant les plus nombreuses.

a) *Roches acides : diorites quartziques métamorphisées.*

La roche (889) récoltée à l'Est de Silmidougou (L=1°15'; l=13°2') est composée des minéraux suivants :

quartz abondant	épidote	minéral abondant
plagioclases non maclés saussuritisés	chlorite rare	apatite (grandes baguettes)

Une autre diorite quartzique (Boila, L=0°41'; l=12°53') a une composition très voisine (avec, en plus, chlorite abondante et sphène), mais comme elle est en enclave dans le granite, il se peut que sa composition actuelle soit due à la métagénèse; aussi, la roche de Silmidougou apparaît-elle tout à fait exceptionnelle dans la série.

b) *Roches neutres :*

1° *Diorites métamorphisées.*

Ces roches, plus fréquentes que les précédentes, sont composées des minéraux suivants :

quartz rare ou absent	hornblende verte ou actinote	minéral
oligoclase ou andésine saussuritisés		

avec éventuellement, chlorite ou épidote primaires.

1. cf. G.W. TYRELL (1950).

2. De tout ce désordre, il y a deux leçons à retenir :

a) l'adoption de nouveaux termes scientifiques (en particulier pétrographiques) devrait être réservée aux congrès (de préférence internationaux) et non aux auteurs.

b) une traduction n'est pas une simple transposition; contrairement à une opinion courante, les termes scientifiques ne bénéficient d'aucun privilège à cet égard; on commettrait un aussi gros contre-sens en traduisant l'allemand *Granulit* ou l'anglais *Silurian* par *granulite* ou par *Silurien* (il s'agit en réalité d'une certaine catégorie de gneiss, et de Gotlandien), qu'en traduisant l'allemand *List* ou les mots anglais *suit*, *travel*, *brigadier*, *physician*, etc... par les mots français qui leur ressemblent.

3. C'est ainsi, d'ailleurs, qu'écrivait A. HARKER (1932).

La structure est parfois porphyroïde, avec phénocristaux d'amphibole (Boila) ou de feldspaths (Sud de Koury); quelquefois, au contraire, elle est presque ophitique, avec des reliquats d'augite en inclusion dans l'amphibole (Ouinghian, au Nord d'Ouahigouya de Boussouma).

D'autres affleurements ont été observés à l'Ouest de Kougsabla-Saba, entre Sioudogo et Hanwi, au Nord d'Andkanda et à Tin Akhaïmoud.

2° Gabbros quartziques métamorphisés.

Une roche (n° 769) récoltée entre Diomga et Babirka ($L = 0^{\circ}8'$; $l = 13^{\circ}47'$) contient les éléments suivants :

quartz assez abondant	labrador limpide rare	ouralite abondante
micropegmatite de quartz et de plagioclase abondante et limpide	plagioclases saussuritisés	mineral

C'est un des types les moins basiques du Sud du Liptako.

c) Roches basiques : gabbros métamorphisés.

C'est probablement le type de roche le plus répandu dans la série de Dacula. Ce sont des roches vert sombre dont la structure grenue souvent large et quelquefois fine devient exceptionnellement porphyroïde (Sud de Koury). Leur composition est la suivante :

plagioclase saussuritisé	ouralite	mineral
	(quelquefois trémolite)	souvent pyrite

Accessoirement, on peut trouver la chlorite et, plus rarement, la biotite. La présence d'une petite quantité de quartz est fréquente; par contre, je n'ai jamais observé ni olivine ni serpentine.

Les gabbros métamorphisés constituent des massifs montagneux : Sud du Liptako (Bani-Gangaol), Labka, canton d'Abchouya, Sanguié, région Nord-Ouest de Kaya, et un grand nombre de petits affleurements qu'il est impossible de citer tous : Sud-Est de Zamo, Est de Zoëtgomdé, Iliallé (Yako), Ouest de Toma, Nord-Ouest de Dim et de Thiou, Nord d'Inngané (Yatenga), Dinnguigha, Ouest de Sabsé, Est de Bissia (Riziam), Darigma (Datenga), Bini, Sud de Diguilla-Natenga, canton de Boussouma (Sud d'Imiougou, Est d'Ouahigouya, Nord-Ouest de Korsimogho), Gargo, Nord de Koïré Zéna, Est de Korno, Guidoye, Tin Akhaïmoud, Sud-Est de Koutougou, etc.

Epidiorite.

Plusieurs auteurs anglo-saxons (1) ont désigné sous le nom d'« epidiorites » des anciens gabbros dont le pyroxène est entièrement transformé, non en actinote mais en hornblende verte et dont le plagioclase est limpide ou très peu saussuritisé. Ce nom provient de l'ancienne nomenclature où l'on appelait « diorites » les roches à amphibole et « gabbros » les roches à pyroxène, avec un préfixe *épi* évoquant soit l'épizone (2) soit un état *surajouté*.

Le nom étant tombé en désuétude, les géologues de Gold Coast ont pris l'habitude d'utiliser le terme « epidiorite » pour désigner les anciens gabbros dont la structure a presque complètement disparu et dont les plagioclases sont entièrement saussuritisés.

Certains géologues français, comme D. SOULÉ de LAFONT (1955) ont trouvé pratique d'utiliser le terme « epidiorite » lorsque la saussuritisation du plagioclase ne permet pas de le déterminer et qu'on ne peut donc préciser si la roche est une diorite ou un gabbro.

Cependant, ce nom ayant déjà deux acceptions différentes en anglais, il ne me semble pas que son emploi en français doive être conseillé; aussi, en l'absence d'analyse, je me suis contenté d'une approximation conforme à la classification de

1. cf. A. HARKER (1932).

2. Selon la terminologie moderne (F.J. TURNER, 1948) ces roches seraient appelées « ortho-amphibolites plagioclasiques » et classées dans la mésozone.

A. LACROIX (1933) : si la roche semble leucocrate, elle est nommée « diorite »; si elle semble mésocrate, elle est nommée « gabbro ».

II. ROCHES PRÉSENTANT UNE ANCIENNE TEXTURE MICROGRENUE.

Ces roches, rares dans toute la région étudiée, se présentent sous forme de filons dans la série de Dacola. La couleur varie du gris-vert au vert sombre. La structure microgrenue peut quelquefois être discernée à l'œil nu, lorsqu'apparaissent des phénocristaux de quartz ou d'amphibole.

a) *Roches acides : microdiorites quartziques métamorphisées.*

Elles sont composées des minéraux suivants :

Phénocristaux : quartz ou albite

Microcristaux :

quartz	chlorite et biotite	calcite	mineral
oligoclase-albite saussuritisé	séricite	sphène	
	épidote et zoïsite	apatite	

Elles ont été observées au Nord de Manguin et au Sud de Bonam.

b) *Roches neutres : microdiorites métamorphisées.*

Une roche (n° 709) observée dans le massif de Sanguié (L=2°34'; l=12°21') est très voisine des précédentes; toutefois le quartz est rare et l'oligoclase plus calcique.

La roche située au Sud de Sirkango (L=0°5'; l=14°15') est plus sombre; le plagioclase est l'andésine, et elle renferme de la hornblende vert-brun clair à l'exclusion de chlorite et d'épidote.

c) *Roches basiques : microgabbros métamorphisés.*

La roche observée au Sud-Ouest de Sabouna (L=2°20'; l=13°48') est composée des éléments suivants :

Phénocristaux : labrador séricitisé

Microcristaux :

labrador peu altéré	ouralite	sphène
	zoïsite	mineral

III. ROCHES PRÉSENTANT UNE ANCIENNE TEXTURE OPHITIQUE.

Je n'ai observé que des roches basiques, à l'exclusion de roches neutres telles que les dolérites quartziques.

a) *Dolérites métamorphisées.*

La texture ophitique est parfois visible à l'œil nu. La composition minéralogique est très simple :

plagioclases saussuritisés	augite ouralitisée	mineral (titanomagnétite)
		pyrite fréquente

On remarque souvent des plages de micropegmatite de quartz et feldspath, ce dernier étant plus ou moins saussuritisé.

Ces roches ont été observées à Niniguy, au Sud-Ouest de Bani (Liptako) et dans le cercle de Kaya (Sud de Silmidougou, Nord-Est de Sian).

b) *Gabbros ophitiques métamorphisés.*

Ces roches ont une texture intermédiaire entre la texture grenue et la texture ophitique (Imiou-gou). J'en ai observé des affleurements à Napamboumbou (Imiou-gou) entre Nioramga et Beghndré, au Sud-Est de Bokin (Téma) et à Sala.

IV. ROCHES PRÉSENTANT UNE ANCIENNE TEXTURE MICROLITIQUE

Les roches dont l'ancienne texture microlitique est encore reconnaissable sont assez peu nombreuses; en effet le verre dont la présence caractérise cette texture a disparu au cours du métamorphisme, et ces roches ne peuvent être déterminées que grâce à leur structure fluidale; lorsque celle-ci a également disparu, rien ne permet de les distinguer des schistes amphiboliques et des épidotites qui seront étudiés plus loin.

a) *Roches acides : dacites métamorphisées.*

En l'absence de véritables rhyolites, les roches microlitiques les plus acides qui ont été observées dans le groupe de Dacola sont des *dacites*, équivalents éruptifs des diorites quartziques. Leur composition minéralogique est la suivante :

Phénocristaux :

quartz	plagioclase saussuritisé	(actinote)	titanomagnétite
--------	--------------------------	------------	-----------------

Microcristaux :

quartz	zoïsite	calcite
oligoclase séricitisé.		

A l'E.S.E de Tinndila ($L = 2^{\circ} 14'$; $l = 12^{\circ} 48'$), cette roche forme un filon dans les schistes amphiboliques à épidote; à l'E.S.E de Koury ($L = 0^{\circ} 8' 30''$; $l = 13^{\circ} 53' 30''$), l'affleurement est composé de quelques collines.

b) *Roches neutres : andésites métamorphisées.*

C'est le type le plus répandu du groupe microlitique. Macroscopiquement ce sont des roches vert-clair ou gris-vert, à grain très fin, où l'on peut parfois distinguer une schistosité; quelquefois, on voit des phénocristaux d'amphibole. Voici la liste de leurs constituants :

Phénocristaux :

andésine saussuritisée	actinote	mineral
	hornblende verte ou chlorite	(pyrite)

Mésostase :

plagioclases saussuritisés	épidote	calcite
	chlorite.	

Ces roches ont été observées en plusieurs endroits du cercle de Kaya (Tifou, Nord-Est d'Ougha, Tibin, Sud d'Imiou-gou), dans le canton de Dacola, au Sud-Est de Rollo, au Nord-Ouest de Bani (Liptako), à l'Ouest de Dambogadié (Oudalan) et en de nombreux endroits au Nord d'Ouahigouya (Nimbo, Koumbouri, Niniguy, Mené, Sodein).

c) *Roches basiques : basaltes et labradorites métamorphisés.*

D'après la nomenclature française, la nature du plagioclase (labrador-bytownite) permet de distinguer ces roches des andésites. Mais le plagioclase saussuritisé étant rarement déterminable, on est obligé d'avoir recours, en l'absence d'analyse chimique, à d'autres critères : plus ou moins

grande quantité d'éléments colorés, et présence d'actinote provenant de l'ouraltisation des pyroxènes. La composition minéralogique est la suivante :

Phénocristaux :

actinote (épidote ou plagioclases)

Microcristaux :

plagioclases saussuritisés épidote minéral
calcite

On remarque l'absence d'olivine (serpentinisée ou non).

Ces roches ont été observées au Sud d'Imiougou (Koupèla), à l'Est de Sika, à l'Ouest de Tikaré (Rouni).

La roche qui affleure au Nord-Ouest de Nimbo (lieu-dit Barkinndo $L = 2^{\circ} 38' 30''$; $l = 13^{\circ} 51'$) paraît un peu plus basique que les autres; on y remarque de grands cristaux d'augite automorphe peu ouraltisée et le quartz est absent des produits de la saussuritisation des plagioclases (1).

D'autres auteurs, comme D. SOULÉ de LAFONT (1955) ont remarqué la rareté des basaltes à olivine dans la province birrimienne.

V. BRÈCHES

Entre Soubeigha et Guiptenga ($L = 0^{\circ} 54'$; $l = 12^{\circ} 51'$), j'ai remarqué un petit affleurement d'une brèche formée de galets ovoïdes de 1 à 10 cm enrobés dans une pâte quartzitique gris-vert clair. Les galets, plus sombres, sont constitués par une dacite à chlorite. L'affleurement n'a pas une grande extension.

Des brèches andésitiques ont été observées au Nord de Sian et au Sud de Kirigtenga.

Roches dont l'ancienne texture n'est plus reconnaissable

La texture actuelle de ces roches est, le plus souvent, lépidoblastique ou nématoblastique (2). Dans le cas général où les minéraux phylliteux ou aciculaires sont abondants, cette texture peut être facilement observée, même à l'œil nu. Toutefois, en l'absence de tels minéraux, la texture est grano-blastique.

I. ROCHES SANS AMPHIBOLE

Le seul silicate calcique est l'épidote, ou plus rarement la zoïsité.

a) *Epidotites.*

Ce sont des roches d'un vert jaunâtre, très finement cristallisées, composées essentiellement d'épidote (avec ou sans zoïsité), avec éventuellement de petites quantités de quartz, chlorite, séricite, actinote, calcite, minéral.

1. Il y a par contre des amas de quartz secondaire avec de la calcite et de la silice fibreuse secondaire (calcédonite).

2. Pour la définition des textures des roches métamorphiques, nous renvoyons le lecteur à A. HARKER (1932) et à J.M. LAUBARD (1953).

Les épidotites constituent quelques collines (Ouest de Sirgui, Gofila, Inata Gorguiéli) et petits affleurements (Est de Bavillers, Komsim), mais elles apparaissent aussi en filons dans d'autres roches basiques (Nord de Posso, Nord-Ouest de Djibo).

Les roches suivantes sont beaucoup plus rares.

b) *Quartzites à épidote ou à zoïsite.*

Le quartz, très fin, constitue plus de la moitié de la roche. Outre l'épidote ou zoïsite, on observe, accessoirement, de petites quantités de chlorite ou d'actinote. Ces roches ont été observées à l'E.NE de Zamo et à l'E.NE de Bonga (Sud-Ouest du cercle de Ténado).

c) *Schistes à séricite et à zoïsite.*

Il s'agit d'une roche sombre à texture rubanée, qui affleure près de Gangaol ($L = 0^{\circ} 5'$; $l = 13^{\circ} 49'$). Le quartz, finement cristallisé, constitue plus de la moitié de la roche, la séricite et la zoïsite sont en quantités équivalentes : le minerai est abondant.

d) *Chloritoschistes à albite et zoïsite.*

Cette roche sombre, presque noire, observée au Nord de Dambogadié ($L = 0^{\circ} 42'$; $l = 14^{\circ} 33'$), est composée pour moitié d'albite en aiguilles orientées et pour moitié de chlorite (delessite) également orientée, avec des amas de zoïsite finement cristallisée. Le minerai est fin et dispersé.

e) *Chloritoschistes à épidote.*

Ce sont également des roches vert sombre, très finement cristallisées, où l'on reconnaît au microscope chlorite et épidote en quantités équivalentes, avec du quartz et de la calcite. Elles n'ont été observées qu'au Sud-Est de Bani, entre Oursi et Déou et au Sud-Est d'Ouéotenga (en ce dernier point, il s'agit d'une enclave dans une migmatite).

II. ROCHES A ACTINOTE

Nomenclature. — Plusieurs auteurs, en particulier D. SOULÉ de LAFONT (1955) et P. MASCLANIS (1955), nomment « amphibolites » toutes les roches à amphibole ayant perdu leur structure primitive, quelle que soit la nature de l'amphibole : actinote ou hornblende. En cela, ils sont d'accord avec P. ESKOLA (1946) et H. RAMBERG (1952) qui rangent les roches à actinote dans le faciès « amphibolite à albite-épidote » en affirmant (1) que toutes les amphiboles sont instables dans le faciès « schiste vert ». D. SOULÉ de LAFONT et P. MASCLANIS emploient le mot « amphibolite » lorsque la roche est massive, et l'expression « schiste amphibolique » lorsque la roche a une structure schisteuse visible à l'œil nu et au microscope. D. SOULÉ de LAFONT emploie également un terme intermédiaire : les « amphibolites schisteuses » paraissant massives à l'affleurement et schisteuses au microscope.

Cependant, F. J. TURNER (1948) ayant montré que l'actinote peut très bien être présente dans des roches de faciès « schiste vert », il me semble que la nature de l'amphibole a une plus grande importance que la structure de la roche et je nomme « actinotites » les roches à actinote et « amphibolites » les roches à hornblende.

Selon les proportions relatives d'actinote, d'épidote et de zoïsite, j'emploie les dénominations suivantes :

épidotite à actinote

amphiboloschiste

amphiboloschiste à épidote, à zoïsite, à chlorite, etc.

1. P. ESKOLA, *op. cit.* p. 301.

a) *Epidotites à actinote.*

Ces roches sont voisines des épidotites qui ont été décrites plus haut. Toutefois, la zoïsite est au moins aussi fréquente que l'épidote proprement dite. Voici leur composition minéralogique :

zoïsite (et, ou) épidote environ les deux-tiers

actinote (un tiers)

accessoirement : quartz, calcite, chlorite, minéral.

La texture est généralement granolépido-blastique.

Les épidotites à amphibole constituent de petits affleurements isolés (Est de To, Est de Kaya) et quelques collines (Sud de Sam, Est de Tiécouyou, Kelguéna, Ouest de Bouroum, Nord-Est d'Yalogo, Sibylla, Lougma).

b) *Amphiboloschistes.*

L'actinote est le minéral dominant, cependant que la chlorite, l'épidote, la zoïsite, le quartz, etc. peuvent être présents en petites quantités. La texture est normalement lépidoblastique. Les amphiboloschistes forment quelques collines dans le Liptako (Nord-Ouest de Bani, Oueldé) et au Nord-Ouest de Djibo, ainsi que de petits affleurements dans l'Oudalan (entre Gouba et Diédédandé) et près de Kannabin.

Faciès de variations :

Les *amphiboloschistes à épidote*, très fréquents, ont été observés, en particulier :

- 1) Dans le cercle d'Yako : canton de Dacola, E.S.E de Tinndila, Sud-Est de Kabou;
- 2) Dans le cercle de Kongoussi : Sadouré, Nord-Est de Zimetanga, Ouest de Kongoussi, Sud-Est d'Ouinntini (1);
- 3) Dans le cercle de Kaya : Nord de Soubeigha;
- 4) Dans le canton d'Aribinnda : Tinnguessouka, Oukoulourou;

Concurremment avec les précédents, les *amphiboloschistes à zoïsite* peuvent être considérés comme les roches les plus typiques du groupe de Dacola. Ils ont été observés dans les mêmes régions :

- 1) Cercle d'Yako : Nord de Bouré, Pèla, Conan, E.S.E de Tinndila;
- 2) Cercle de Kongoussi : entre Tanmiga et Léhourba;
- 3) Cercle de Kaya : Lougma;
- 4) Cercle de Djibo : Oukoulourou, Bâgou.

On les observe aussi dans le cercle de Ténado (Nord de Quoidemain, Nord-Ouest de Zamo) et dans le cercle de Boulsa (Nord de Zérédérin).

Les roches de structure schisteuse composées d'actinote, d'épidote ou de zoïsite et de chlorite en quantités équivalentes sont assez abondantes dans le canton d'Abchouya (Danogho, Béndogo, Bélogotenga) mais plutôt rares ailleurs (Nord de Manéboulli, Ouest de Tibin, triangle Bani-Babirka-Dalinnga).

III. ROCHES À TRÉMOLITE

La trémolite qui se présente en fibres incolores se distingue facilement de l'actinote fibreuse ou lamellaire, vert-jaune pâle. Les roches à trémolite ont en général une texture nématoblastique.

1. Dans ce dernier, on remarque la présence de biotite.

Au point de vue chimique, la trémolite, purement magnésienne, est peu différente de l'actinote ferro-magnésienne (même quantité de Ca dans les deux amphiboles). Malgré cette faible différence, les schistes à trémolite ont été groupés dans un paragraphe distinct car les minéraux qui accompagnent la trémolite — talc, serpentine — ne sont pas les mêmes que ceux qui accompagnent l'actinote — épidote, zoïsite, chlorite.

Une *trémolite* a été observée sur le chemin de fer, à l'E.NE de Zamo.

Des *amphiboloschistes à trémolite et talc* contenant un peu de chlorite, calcite et magnétite ont été observés à Kottia (L = 0° 2'; l = 12° 57') et à vingt kilomètres à l'Ouest d'Yayika (L = 0° 57'; l = 12° 11').

Dans la vallée située à l'Ouest de Galvaré, entre Ouahigouya et Gangarguy (canton de Bous-souma), affleure un *amphiboloschiste* composé de *trémolite* et *serpentine* avec un peu de chlorite, hornblende brune et minéral (L = 1° 7'; l = 12° 54').

A. GERBAL (1960) a découvert une autre zone à serpentine dans les collines de roches basiques qui s'élèvent à l'Est de la route entre Ouahigouya et Korsimogho (Tansaboulgou).

A la sortie Nord de Goudry (Imiougou), on observe un petit affleurement d'une *serpentinite* à trémolite, talc et minéral abondant. Malgré sa faible extension, cet affleurement contribue avec les précédents à donner aux roches métamorphiques du canton de Boussouma un caractère nettement plus basique et même ultra-basique.

IV. ROCHES A HORNBLLENDE VERTE

a) *Epidotite à hornblende.*

La colline située au Nord de Sabouna (L = 2° 20'; l = 13° 49') est formée d'une roche composée de beaux cristaux d'épidote et de zoïsite dispersés dans une mésostase de quartz, albite, séricite, zoïsite, épidote, avec de nombreuses aiguilles très fines de hornblende vert-bleu.

b) *Amphibolites à épidote.*

La présence de hornblende donne à la roche une structure massive et la texture est le plus souvent granoblastique orientée. L'amphibole est généralement vert-bleu. Elle constitue la moitié et plus de la roche. Voici la composition minéralogique de ces amphibolites :

hornblende	épidote (zoïsite)	accessoirement :
	quartz fréquent	sphène, minéral, calcite
	feldspaths rares	chlorite rare.

Ces roches forment une série de collines dans le Sud du Liptako (Gangaol, Bourégui, Sud de Koury), dans le canton de Réo (Sud de Semapou, N.NW de Koukouloila) et au Nord de Kalitagh. J'ai observé également un petit affleurement à Lomré, entre Pana et Fatin.

c) *Amphibolites.*

Il s'agit ici d'amphibolites ne contenant ni feldspaths ni épidotes. Les exemples ne sont pas très nombreux : une colline au Sud de Koudougou, une autre au Sud de Koury, une troisième entre Lioulgou et Liguidi-Manegham. La composition minéralogique est la suivante :

hornblende vert-bleu	quartz	chlorite, minéral, apatite
abondante (1)	abondant	épidote, zoïsite rares.

1. Vert-jaune pâle au Sud de Liguidi-Manegham.

d) *Amphibolites à biotite.*

Ces roches dans lesquelles la hornblende verte et la biotite sont en quantités équivalentes n'ont été observées qu'en enclaves dans des massifs granitiques : à l'Ouest de Tanema et au Sud d'Oursi; la première de ces deux amphibolites contient de l'andésine An 35 en partie saussuritisée; la seconde, au contraire, contient du quartz mais pas de feldspath.

e) *Amphibolites plagioclasiques.*

Ce sont les plus fréquentes de toutes les amphibolites. La texture est le plus souvent grano-blastique, avec de beaux cristaux subautomorphes de hornblende verte; toutefois on observe aussi la texture nématoblastique, et l'on peut trouver la hornblende en aiguilles incluses dans le plagioclase. Voici la composition minéralogique de ces roches :

Hornblende verte : abondante, souvent plus de la moitié de la roche.

Plagioclases : oligoclase à labrador, en moyenne : andésine.

Ils peuvent être limpides, saussuritisés ou rarement kaolinisés (Manéboulli). Quand les plagioclases limpides et les plagioclases saussuritisés coexistent, on peut souvent distinguer des plagioclases de néoformation plus sodiques (albite à andésine) que les anciens.

Microcline : rare, limpide, s'insinuant, ou le plus souvent, absent.

Quartz : souvent présent, mais rarement abondant.

Biotite : exceptionnelle.

Minéraux accessoires habituels : épidote, zoïsite, calcite, sphène, apatite, minéral (titano-magnétite à structure graphique se transformant en leucoxène).

Les affleurements d'amphibolites plagioclasiques sont si nombreux qu'il serait fastidieux de les citer tous. Mais on remarque que ces roches ne constituent pas de grands massifs à elles seules : elles peuvent se présenter en petits affleurements isolés dans un massif granitique, ou être associées à des amphiboloschistes et autres roches basiques; dans ce cas, elles sont le plus souvent en bordure et voisines du granite.

V. ROCHES A AMPHIBOLE ET PYROXÈNE

a) *Amphibolite à reliquats d'augite.*

L'amphibolite plagioclasiique qui affleure entre Cinémaïdio et Gorgadji ne diffère des précédentes que par la présence de reliquats d'augite dans la hornblende.

b) *Amphibolo-pyroxénite.*

A 4 km au Nord-Ouest de Lamdamaol, sur la piste de Dhemniouinndiol, affleure une roche holomélanocrate dont l'extension n'est pas connue mais qui est certainement une enclave dans un massif granitique. La texture est largement grenue. On observe de grands cristaux d'augite déchiquetée dominant l'hypersthène et des amas de hornblende vert pâle. Le quartz est exceptionnel; il n'y a pas de feldspaths.

Il s'agit probablement d'une roche essentiellement pyroxénique dans laquelle le métamorphisme a fait apparaître la hornblende et non d'une amphibolite ayant subi un métamorphisme régional assez profond pour faire apparaître le pyroxène.

c) *Hornblendites (1) (appinites).*

Ce sont des roches vert sombre, denses, largement grenues. La hornblende verte (et, accessoi-

1. D'après la terminologie traditionnelle française et, en particulier, d'après J. JUNG (1958), le terme *hornblendite* est réservé à des roches « éruptives ». Par contre, F. RINNE (1959) l'emploie pour toutes les roches dont la hornblende est le minéral dominant, sans distinction d'origine, métamorphique ou éruptive. C'est dans ce sens que je l'utilise ici.

rement, l'ouralite) constitue au moins les trois-quarts de la roche (quelquefois la presque totalité) (1). Le plagioclase est généralement l'andésine, plus rarement le labrador ou l'oligoclase. Il est souvent limpide, quelquefois en partie saussuritisé. Le quartz, quoique rare, est généralement présent. Le microcline est exceptionnel et peu abondant. On observe quelquefois des reliquats d'augite inaltérée.

Cette description rappelle les roches que H. DE LA ROCHE (1958) (2) a décrites sous le nom d'*appinites* :

« Outre les gneiss amphiboliques et les gabbros, le Complexe renferme quelques petits massifs constitués par des roches curieuses caractérisées par le développement de grands cristaux trapus d'amphibole (0,5 à 2 cm) sans orientation privilégiée qui forment 60 à 80 % de la roche, enrobés dans des agrégats cristallins plus fins. Ces roches massives rentrent dans la famille des *appinites* créée par A. HOLMES pour grouper les syénites, monzonites ou diorites mélanocrates, riches en hornblende ».

Comme les appinites de Madagascar, les *hornblendites* de Haute-Volta se présentent sous forme d'affleurements isolés dans les massifs de granite syntectonique (Limnoghin, Satin, E.S.E de Sargo, environs de Baghsalogo, Est et Sud-Est de Bani, Malléré, Malbo, Pétobalé, Sud d'Oursi, Sud-Ouest de Labka, E.S.E de Baraboullé, Sud de Sanquoué). Elles se constituent pas de grands massifs.

TECTONIQUE

La succession stratigraphique des groupes de Riziam et de Dacula n'étant pas connue, il n'a pas été possible de reconstituer le schéma des plis, mais l'observation systématique des directions et des pendages de la schistosité permet d'avoir une idée de la structure tectonique du pays (voir *esquisse structurale* au 1/1 000 000 en pochette).

1. L'examen microscopique d'une roche à 75 % de hornblende conduit à la qualifier de « mélanocrate » ; mais si l'on calcule sa composition virtuelle, elle peut très bien n'être que mésocrate. En effet, la hornblende est un minéral de composition complexe, et d'ailleurs variable où entrent en particulier Al, Ca et Na, éléments qui, dans la composition virtuelle, sont utilisés pour former les feldspaths. A titre d'exemple, G. Rocci (1955) a donné la composition chimique complète d'une hornblende extraite d'une amphibolite (échantillon n° 26, chimiste A. BEHR, Nancy) :

Si O ₂	46,60	Si l'on calcule la composition virtuelle d'une roche hypothétique composée de 100 % de cette hornblende, on trouve :			
Al ₂ O ₃	9,42	orthose	0,40	}	26,95
Fe ₂ O ₃	4,41	albite	2,25		
Fe O	5,31	anorthite	24,30		
Mn O	0,15	diopside {	Si O ₃ Ca	17,10	}
Mg O	19,10			13,50	
Ca O	13,14			1,65	
Na ₂ O	0,26	hypers- thène {	Si O ₃ Mg	16,55	}
K ₂ O	0,07			2,00	
Ti O ₂	0,35			12,40	
H ₂ O ⁺	0,66	olivine {	Si O ₄ Mg ₂	1,70	}
H ₂ O ⁻	0,06			6,35	
	99,53	minéral {	magnétite	0,65	7,00
			ilménite		
			H ₂ O [±]	0,72	
		Somme des coupholites : 26,95	Somme des barylites : 71,90		99,57

On comprend dès lors qu'une roche composée de trois-quarts de hornblende et d'un quart d'éléments blancs pourra avoir une composition virtuelle à plus de 40 % de coupholites.

2. *Op. cit.* p. 7.

Allure générale de la tectonique birrimienne.

Dans la plus grande partie de la région étudiée, les lignes tectoniques sont orientées SW-NE; toutefois, cette orientation devient S.SW-N.NE à l'Ouest de Zorgho, entre Zérédérin et Gorouolkolé, et au Nord de Dori (série d'Yatakala); par contre, on observe des directions W.SW-E.NE dans le quadrilatère Arbole — Boussé — Kongoussi — Séguenega.

Inflexions locales.

En quelques endroits, la direction précédente s'infléchit vers le Nord ou même le N.NW: Ouest de Réo, Sud de Koudougou, Nord-Ouest et Nord de Zérédérin; la plus importante de ces inflexions est celle de Kongoussi où l'on observe un passage très rapide entre une orientation Nord-Sud et une orientation Est-Ouest. Mais ces variations locales ne mettent pas en cause la généralité de la direction SW-NE de la tectonique birrimienne.

Régions orientées NW-SE.

Il n'en est pas de même de la direction NW-SE, perpendiculaire à la précédente, que l'on observe sur de vastes étendues: environs de Kaya, canton de Tougouri, Nord-Est du cercle de Djibo, Ouest de l'Oudalan. Il n'y a pas de discordance cartographique entre les régions d'orientation SW-NE et les régions d'orientation NW-SE: le passage, lorsqu'il est observable, se fait par inflexion progressive, soit de NE à E.NE puis E puis E.SE puis SE (Ouest et Sud de Kaya), soit de NE à N.NE puis N puis N.NW puis NW (Nord-Est du cercle de Djibo, canton d'Aribinnda, Nord-Est de Pinsa, Nord de Zérédérin).

Bien que l'orientation NW-SE soit tout à fait exceptionnelle dans les autres régions birrimiennes (Ghana, Côte-d'Ivoire), ces passages progressifs me conduisent à attribuer à la tectonique birrimienne la responsabilité de toutes les directions de schistosité qui affectent les groupes de Riziam et de Dacola.

Tectonique post-birrimienne.

Les grès de bordure ont un pendage de quelques degrés vers le Nord, ce qui ne correspond probablement pas à un mouvement orogénique. Les autres formations nigériennes (série de Hombori-Douentza, schistes d'Yassane) ont, dans la région qui nous intéresse, un faible pendage (25° au maximum) vers le N.NE.

On pourrait envisager d'expliquer l'orientation NW-SE signalée au paragraphe précédent dans les formations métamorphiques en la considérant comme un contre-coup lointain de la tectonique nigérienne. Je ne pense pas que cette hypothèse soit exacte; en effet, d'une part, la série de Hombori-Douentza et les schistes d'Yassane sont orientés W.NW-E.SE, alors que les formations métamorphiques sont orientées NW-SE ou, souvent même, N.NW-S.SE; d'autre part, la schistosité des formations métamorphiques est subverticale, alors que les formations nigériennes ont un faible pendage.

Les observations concernant les grès-quartzites de Tourcoingbam sont trop fragmentaires pour permettre une étude tectonique de cette série. A Tourcoingbam, son orientation fait un angle de plusieurs dizaines de degrés avec les roches vertes et les schistes voisins, cependant qu'à Guibaré elle semble concordante.

Tectonique anté-birrimienne.

La série de Bamga est orientée W.NW-E.SE, c'est-à-dire à peu près perpendiculairement aux formations birrimiennes voisines; je n'ai observé dans cette série aucune manifestation de la tectonique birrimienne.

Hypothèses concernant les géosynclinaux birrimiens.

Puisque les formations birrimiennes ont été plissées, il est logique (quoique non évident) d'admettre qu'elles se sont déposées dans des géosynclinaux. Si nous suivons cette hypothèse, nous remarquons que certains de ces géosynclinaux (Koury — poste-filtre, Yako — Kalsaka, Titao — Nongofayeré, Nord-Ouest de Djibo, Koala — Bilanga, Ouest du Ganzourgou) contiennent essentiellement des schistes et roches paramétamorphiques, avec très peu de roches vertes, alors que celles-ci sont, au contraire, très abondantes dans les autres géosynclinaux. D'après la classification établie par J. AUBOUIN (1959), les premiers seraient des mio-géosynclinaux, les seconds des eu-géosynclinaux (toutefois, il n'y a pas identité entre nos *roches vertes* — neutres et basiques — et les *ophiolite* — basiques et ultra-basiques — que l'on observe habituellement dans les eu-géosynclinaux).

ÉTUDE CHIMICO-MINÉRALOGIQUE

Pour compléter l'étude sur le terrain et au microscope des roches que nous venons de décrire, il a semblé utile de faire faire quelques analyses chimiques complètes de roches métamorphiques. Les vingt-quatre analyses publiées ici sont toutes dues au talent de M^{me} B. MARTINET, chimiste du Service de Géologie et de Prospection Minière. Étant données la variété des roches et l'étendue de la région étudiée, un aussi petit nombre d'analyses ne permet que d'avoir une idée sommaire de la composition des séries étudiées.

Généralités

Précision des analyses

La question de la précision des analyses a été étudiée par P. LAFFITTE dans un ouvrage récent (1957); aussi, je n'y reviendrai pas. La condition imposée par cet auteur pour obtenir une analyse représentant fidèlement la roche étudiée (analyse d'au moins 10 000 cristaux) a été facilement réalisée car la plupart de nos roches métamorphiques ont un grain assez fin (inférieur au millimètre); seule l'analyse de *hornblendite* (N° 553) ne remplit pas cette condition : les cristaux de hornblende ayant couramment un volume de 0,5 cm³, il aurait fallu un échantillon d'environ 5 dm³, soit 13 ou 14 kg, échantillon qui n'existait pas dans la collection.

D'après M^{me} B. MARTINET, les résultats les moins précis sont ceux de l'alumine et des alcalins : on peut considérer que l'erreur absolue atteint couramment 0,05 et même plus : le premier chiffre décimal ne peut être garanti. Les autres résultats sont connus avec un peu plus de précision et la chimiste les a, le plus souvent, arrondis au multiple de 0,05 le plus proche; enfin, les éléments présents en petite quantité, MnO et P₂O₅, sont souvent connus avec une grande erreur relative mais avec une petite erreur absolue.

Il était nécessaire d'attirer l'attention sur ce problème car, jusqu'à ces dernières années, beaucoup de géologues pétrographes publiaient des analyses où les différents oxydes étaient connus à 0,05 près, et, sans hésiter, en tiraient des compositions virtuelles ou « normes C I P W » où orthose, ilménite, etc., étaient calculés à 0,01 près. Or, étant donné que 6,2 g de Na₂O sont nécessaires à la formation de 52,43 g d'albite, soit 8,5 fois plus, il est bien évident que, même si Na₂O est connu à 0,01 g près, en plus ou en moins, l'albite virtuelle ne pourra pas être connue à moins de 0,085 g près; dans la pratique, les erreurs seront même cinq fois plus grandes.

Composition virtuelle

Le calcul de la composition virtuelle CIPW, exposée en français par R. FREY (1937) et plus récemment par M. E. DENAEYER (1951), est aujourd'hui si classique qu'il tendait à devenir automatique : à toute analyse de silicates on faisait correspondre une norme et des paramètres, sans trop se soucier de l'utilité réelle de ces calculs. En ce qui concerne les roches métamorphiques, G. ROCCI (1955) fait remarquer que, la norme ayant été prévue pour les roches éruptives, son calcul n'a d'intérêt que pour les roches certainement orthométamorphiques : en effet le calcul d'une norme pour les roches para-métamorphiques serait un exercice parfaitement abstrait, ne permettant aucune conclusion quant à l'histoire ou l'origine de ces roches.

Dans le cas des roches métamorphiques dont l'origine est douteuse, la plupart du temps, le calcul n'aboutit à rien, mais il existe quelques cas favorables où :

- 1) le calcul est impossible (exemple : analyse n° 385, p. 198);
- 2) le calcul aboutit à des paramètres qui seraient aberrants pour une roche éruptive;
- 3) le calcul aboutit à des minéraux virtuels en proportion anormale pour une roche éruptive.

Dans les trois cas, une origine para-métamorphique est vraisemblable. Toutefois, comme tous les critères chimiques, ce critère n'est pas absolu (on peut toujours supposer une roche « éruptive » qui était réellement aberrante au départ, ou une roche « éruptive » ayant subi une importante métasomatose), et il ne peut que confirmer éventuellement les hypothèses que l'on a faites à la suite de l'étude microscopique ou d'observations de terrain.

Présentation des analyses en pourcentages ioniques

P. ESKOLA (1954) a suggéré que les analyses de roches soient désormais présentées en *pourcentages ioniques*. Ce mode de calcul s'inspire de celui qui avait été préconisé par T. W. BART (1945); mais, au lieu de faire appel à une « cellule standard », réputée immuable, comprenant 160 atomes d'oxygène, P. ESKOLA totalise les « cations » à 100 et calcule les « anions » correspondants : essentiellement O et OH, accessoirement S, CO₃, etc.

Les mots « cations » et « anions » ont été critiqués à juste titre par différents auteurs; en particulier P. LAFFITTE (1954) conteste l'existence d'ions Si⁴⁺; les autres anions (CO₃)²⁻, (PO₄)³⁻, (Si₂O₆)⁴⁻, (SiO₄)⁴⁻, (AlSi₃O₈)⁻, etc., « doivent être considérés dans leur ensemble, et il n'est pas possible de les envisager comme formés d'ions O²⁻ et de cations ». En outre on ne voit pas très bien pourquoi P. ESKOLA présente le silicium et le phosphore comme des « cations » alors que H⁺, pourtant bien connu des chimistes, n'a pas droit à ce titre.

Cette réserve faite, j'utiliserai systématiquement la présentation préconisée par P. ESKOLA parce que, tout en étant au départ aussi claire que la présentation classique en oxydes, elle permet des calculs ultérieurs (composition équivalentaire, en particulier) plus simples et plus rapides.

La marche du calcul, simple dans son principe, mais assez long, même avec une machine à calculer, lorsqu'on a un grand nombre d'analyses à traiter, a été exposée clairement par G. ROCCI (1955) à qui je renvoie le lecteur (1). Je fais cependant une remarque au sujet de la précision des résultats publiés : en aucun cas la composition centésimale ionique ne peut être plus précise que la composition pondérale qui a servi de base au calcul; mais, en outre, pour éviter que le calcul introduise des erreurs supplémentaires, il faut :

1° Utiliser dans les calculs des masses moléculaires connues avec une précision suffisante : je cite les nombres employés par G. ROCCI et par moi-même (2) :

1. *Op. cit.*, p. 134.

2. L'utilisation de 60 au lieu de 60,06 pour SiO₂ introduit une erreur systématique supplémentaire de 1‰ sur Si; et l'utilisation de 40 au lieu de 40,32 pour MgO introduit une nouvelle erreur de 8‰ sur Mg; cette dernière peut être assez importante dans le cas d'une amphibolite.

Si O ₂	60,06	Fe O	71,84	Na ₂ O	62,0
Al ₂ O ₃	101,94	Mg O	40,32	K ₂ O	94,20
Fe ₂ O ₃	159,68	Ca O	56,08	Ti O ₂	79,90

2° Éviter d'arrondir en cours de calcul (par exemple le nombre de millimolécules) : le calcul doit être fait avec toute la précision compatible avec les données, et l'on n'arrondit qu'à la fin.

Bien entendu cette remarque est également valable pour le calcul de la composition virtuelle.

Composition équivalentaire

La méthode de calcul mise au point par P. NIGGLI (1936) est destinée à l'étude des roches métamorphiques. Bien qu'elle ait été exposée en français par M. ROQUES (1941) et par M. E. DENAEYER (1951), elle reste fort compliquée (calcul des molécules fondamentales, calcul de la « base », triangle d'orientation du calcul, formation des minéraux virtuels, équation de passage d'une zone à l'autre), et le lecteur a l'impression d'un exercice plus mathématique que naturaliste. Finalement, quel est le résultat ? Une note de M. E. DENAEYER, à la fin du calcul donné en exemple, nous dit que : « la serpentine et la muscovite virtuelles représentent la chlorite et la séricite exprimées ». Cette serpentine côtoyant la muscovite dans une roche est un peu surprenante. Alors, à quoi bon tous ces efforts ?

Il est probable que le principe du calcul équivalentaire de P. NIGGLI serait tombé dans l'oubli si T. W. BARTH (1955) n'avait fait remarquer qu'il est beaucoup plus facile de calculer la composition équivalentaire d'une roche d'après sa composition ionique centésimale. J'utiliserai plusieurs fois ce procédé. En effet, d'après G. ROCCI (1955), la composition équivalentaire ainsi calculée est peu différente de la composition volumétrique ou pondérale, surtout pour les roches leucocrates.

Pour faire comprendre la marche du calcul, je donne ici, à titre d'exemple, l'analyse d'un micaschiste à muscovite dominante et biotite (n° 266) recueilli au Sud de Quoidemain, sur la piste latérale au chemin de fer, à 4 km ENE du passage à niveau de Zamo (L = 2° 40' ; l = 12° 1')

ANALYSE N° 266.

Composition pondérale		Pourcentages ioniques	
Si O ₂	69,75	Si = 68,25	O = 136,50
Al ₂ O ₃	16,20	Al = 18,65	} 32,70
Fe ₂ O ₃	4,27	Fe''' = 3,15	
Fe O	0,81	Fe'' = 0,65	0,65
Mn O	0,06	Mn = 0,05	0,05
Mg O	0,66	Mg = 0,95	0,95
Ca O	0,42	Ca = 0,43	0,43
Na ₂ O	0,50	Na = 0,95	} 3,85
K ₂ O	5,40	K = 6,75	
Ti O ₂	0,20	Ti = 0,15	0,30
P ₂ O ₅	0,03	P = 0,02	0,05
H ₂ O ⁺ (I)	1,29	100,00	175,48
H ₂ O ⁻ (I)	0,07		OH = 8,40
	99,66		183,88
		moins O pour OH :	4,20
			179,68

1. Dans toutes les analyses citées ici, H₂ O⁻ désigne l'humidité et H₂ O⁺ l'eau de constitution ; toutefois, lorsque C O₂ et S n'ont pas été dosés séparément, ils peuvent se trouver, en petite quantité, compris dans l'expression H₂ O⁺ ; dans ces conditions, le « pourcentage ionique » indiqué pour OH doit être considéré comme un maximum.

Composition équivalentaire d'après les minéraux observés.

		Ap	Il	Epi	Ab	Bi	Hém	Or	Musc	Q
Si	68,25			0,6	2,85	2,25		2,55	15,45	44,55
Al	18,65			0,4	0,95	1,00		0,85	15,45	
Fe'''	3,15			0,2		0,50	2,45			
Fe'' + Mn	0,70		0,15			0,55				
Mg	0,95					0,95				
Ca	0,43	0,03		0,4						
Na	0,95				0,95					
K	6,75					0,75		0,85	5,15	
Ti	0,15		0,15							
P	0,02	0,02								
OH	8,40			0,2		0,75			10,30	

Marche du calcul.

P est utilisé pour former l'apatite $P_3Ca_5O_{12}$ (Cl, F, OH), en négligeant Cl et F.

Le sphène et le rutile n'ayant pas été observés, Ti est utilisé, au moins provisoirement, pour former l'ilménite; on pourra, par la suite, suivant les quantités de Fe''' et de Fe'' disponibles, et suivant la nature du minerai observé (lorsqu'il aura pu être déterminé), transformer cette ilménite en titanomagnétite ou en titanohématite. L'affectation de la totalité du titane au minerai est un peu arbitraire puisque cet élément peut entrer dans la composition de certains minéraux (en particulier l'augite, la hornblende et la biotite), mais cette simplification est indispensable pour que le calcul soit possible.

Après la formation de l'apatite, la totalité du calcium restant est affectée à l'épidote $Ca_2(Al, Fe''')_3Si_3O_{12}(OH)$, seul minéral calcique observé; (je néglige les petites quantités d'anorthite qui pourraient se trouver associées à l'albite ou au feldspath potassique). Dans l'épidote, le rapport $\frac{Al}{Fe'''}$ peut varier de 1,5 à 6 (R. FISCHESSE, 1955); la valeur 2 adoptée ici, est choisie en tenant compte de l'abondance de Fe''' disponible.

La totalité de Na est utilisée pour former l'albite $NaAlSi_3O_8$. La totalité de Mg et du Fe'' restant (soit 1,50 éq.) doit revenir à la biotite; la composition de ce minéral étant $K_2(Mg, Fe'')_4(Al, Fe''')_4Si_8O_{22}(OH)_2$ (E. S. LARSEN), ceci nous entraîne à utiliser 0,75 K, 1,50 (Al + Fe''' 2,25 Si et 0,75 OH). Le rapport $\frac{Mg}{Fe''}$ est voisin de 1,7, ce qui est normal; le rapport $\frac{Al}{Fe'''}$ est indéterminé car nous ne connaissons pas la composition de la biotite réelle; Fe''' étant abondant, j'adopte $Al = 1,0$ $Fe''' = 0,5$ $\frac{Al}{Fe'''} = 2$, ce qui est vraisemblable mais un peu arbitraire. Dans ces conditions il reste 2,45 Fe''' pour le minerai.

Après le calcul de la biotite, il reste 6,0 K à répartir entre la muscovite et le feldspath potassique. La quantité d'aluminium disponible (16,3) permet de les départager; enfin, le silicium restant est compté comme quartz.

On remarque une légère insuffisance de radicaux OH; une différence en plus ou en moins sur OH est très fréquente; ceci est probablement dû à l'imprécision de la séparation entre H_2O^+ et H_2O^- au cours de l'analyse.

Par suite de l'indétermination concernant la répartition de Al et de Fe''' dans l'épidote et dans la biotite, la muscovite et le feldspath potassique ne sont pas connus avec précision. A titre indicatif, Al de l'épidote peut varier de 0,36 à 0,52; Al de la biotite peut varier de 1,00 à 1,50; par suite, Al disponible pour la muscovite et le feldspath potassique est compris entre 15,68 et 16,34, ce qui entraîne :

Orthose compris entre 4,15 et 5,80;

Muscovite comprise entre 33,88 et 36,19.

Le calcul est vérifié si les proportions observées au microscope sont comprises entre ces valeurs extrêmes.

Cet exemple montre qu'il est inutile de chercher une précision de l'ordre de 0,01 éq. et que, dans l'appréciation des résultats, on doit négliger tous les chiffres après la virgule. Dans l'exemple ci-dessus, on doit donc lire : quartz 45 %; feldspaths 9 %; muscovite 36 %; biotite 6 %; épidote 1 à 2 %; minéral 2 à 3 %; apatite *traces*.

L'exemple choisi est relativement simple. Dans le cas où il existe plusieurs minéraux ferromagnésiens et surtout des minéraux de composition variable comme la hornblende, les calculs sont plus difficiles et parfois impossibles. Quelques-uns sont donnés en annexe à la fin de ce mémoire, accompagnés, le cas échéant de quelques indications sur la méthode suivie.

Composition volumétrique réelle de la roche

Reprenant la méthode de F. CHAYES (1949), J. JUNG et R. BROUSSE (1959) ont fait connaître en France l'existence d'un instrument, le compteur de points, permettant de calculer la composition volumétrique réelle d'une roche beaucoup plus facilement qu'avec la platine intégratrice de SHAND. Il est intéressant, surtout dans le cas de roches métamorphiques comprenant des minéraux de composition variable comme les chlorites ou les amphiboles, de pouvoir comparer la composition réelle de la roche avec la composition calculée; je n'ai pas eu de compteur de points à ma disposition lorsque je travaillais au laboratoire du S.G.P.M. à Dakar. Mais, à la Sorbonne, MM. RAVIER, Maître de conférences et VILMINOT, assistant, ont eu l'obligeance de m'initier au maniement de cet appareil; je les en remercie bien vivement. Je remercie également M. le Professeur RAGUIN qui m'a permis d'utiliser le compteur de points de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris.

D'après J. JUNG et R. BROUSSE, l'observation d'environ mille points par lame mince suffit à assurer une précision analogue à celle que donne l'analyse chimique. Faute de temps, j'ai dû me contenter de 300 à 400 points par plaque, ce qui permet cependant de comparer les résultats de l'analyse modale avec ceux des calculs de composition équivalente.

Voici les résultats obtenus dans le cas du micaschiste n° 266 :

	Pourcentage observé	Déviati on standard (1)
Quartz.....	48	2,5
Feldspaths.....	7,2	1,3
Muscovite.....	34,1	2,4
Biotite.....	7,0	1,3
Epidote.....	1,5	0,6
Minéral.....	2,2	0,75
	100,0	

Nombre de points observés : 402

1. Si p est le pourcentage réel d'un minéral, et n le nombre de points observés, la déviati on standard est donnée par la formule : $S = \frac{p(100 - p)}{n}$; ici, p est remplacé par p' , pourcentage calculé d'après les observations optiques.

A côté d'un avantage certain, la rapidité (par comparaison avec l'analyse chimique), l'analyse modale a des inconvénients que ne cachent pas J. JUNG et R. BROUSSE; sans parler des erreurs de détermination ou de comptage qui peuvent être éliminées par une certaine pratique, l'identification rapide du minéral situé à la croisée des fils n'est pas toujours possible lorsqu'il s'agit d'une très petite plage ou d'un feldspath non maclé. L'emploi des mesures d'indices ou de la platine de FÉDOROV est exclu car ces méthodes rendraient prohibitif le temps passé au comptage.

Les plagioclases ont tous été déterminés par la méthode de la zone perpendiculaire à g_1 ; cette méthode, la plus simple et la plus rapide, donne la teneur en An avec une approximation suffisante pour l'étude que nous faisons.

Dans le cas des plagioclases saussuritisés, deux options sont possibles : soit les grouper en une seule rubrique, soit essayer de déchiffrer la saussurite en comptant les cristaux d'épidote, albite, zoïsite, etc.

Paramètres A C F

Après chaque analyse, j'indiquerai les paramètres A, C, F, qui serviront à la localisation de la roche sur les diagrammes triangulaires A C F dont l'emploi a été recommandé par P. ESKOLA (1946). Rappelons brièvement comment ils sont calculés :

Les pourcentages pondéraux des différents oxydes ayant été convertis en millimolécules, on calcule :

$$A' = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$$

$$C' = \text{CaO}$$

$$F' = \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO}$$

Les proportions sont alors réduites à 100 au moyen des formules :

$$A = \frac{100 A'}{A' + C' + F'} \quad C = \frac{100 C'}{A' + C' + F'} \quad F = \frac{100 F'}{A' + C' + F'}$$

A titre d'exemple, voici comment se présentent les calculs dans le cas du micaschiste N° 266 précédemment cité :

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 16,20 \text{ soit } \frac{16\,200}{101,94} = 159,80 \text{ millimolécules}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4,27 \text{ soit } \frac{4\,270}{159,68} = 26,74 \quad -$$

$$\text{Na}_2\text{O} = 0,50 \text{ soit } \frac{500}{62} = 8,07 \quad -$$

$$\text{K}_2\text{O} = 5,40 \text{ soit } \frac{5\,400}{94,2} = 57,32 \quad -$$

$$\text{Ca O} = 0,42 \text{ soit } \frac{420}{56,08} = 7,49 \text{ millimolécules}$$

$$\text{Fe O} = 0,81 \text{ soit } \frac{810}{71,84} = 11,27 \quad —$$

$$\text{Mn O} = 0,06 \text{ soit } \frac{60}{71} = 0,85 \quad —$$

$$\text{Mg O} = 0,66 \text{ soit } \frac{660}{40,32} = 16,37 \quad —$$

$$\text{d'où } A' = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 121,15 \text{ millimolécules}$$

$$C' = 7,49 \quad —$$

$$F' = \text{Fe O} + \text{Mn O} + \text{Mg O} = 28,49 \quad —$$

$$A' + C' \quad F' = 157,13 \quad —$$

$$\text{finalement } A = \frac{100 A'}{A' + C' + F'} = \frac{12.115}{157,13} = 77,07 \text{ arrondi à } 77$$

$$B = \frac{100 C'}{A' + C' + F'} = \frac{749}{157,13} = 4,77 \text{ arrondi à } 5$$

$$C = \frac{100 F'}{A' + C' + F'} = \frac{2.849}{157,13} = 18,14 \text{ arrondi à } 18$$

Schistes argileux et tufacés

Pour faciliter la lecture du mémoire, l'ensemble de l'étude chimico-minéralogique a été reportée à la fin (pages 193 et suivantes). Toutefois l'étude des schistes argileux et tufacés est abordée dès maintenant car elle est nécessaire à la détermination exacte de la nature de ces schistes. Cette étude peut être considérée comme une illustration des méthodes qui viennent d'être décrites.

Comme nous l'avons vu plus haut (p. 65), l'observation microscopique révèle la présence de minéraux phylliteux (séricite?); toutefois, on remarque l'absence de chloritoïde, minéral qui, selon J. JUNG et M. ROQUES (1952), apparaît normalement en milieu hyperferrique. D'après A. HARKER (1932) et F. J. TURNER (1948), ce sont le chloritoïde ou le stilpnomélane qui devraient apparaître dans ces conditions (la chlorite qui, sur les diagrammes A C F, est voisine de ces deux minéraux, est généralement plus magnésienne que ferreuse et, en tout cas, contient Fe'' et non Fe'''). Or ces minéraux n'ont pas été observés en lame mince. Le métamorphisme réel de ces roches est donc aberrant, et, compte tenu de leur importante extension dans le groupe de Riziam, il m'a paru intéressant de les étudier. Pour ce faire, j'ai utilisé deux méthodes : l'analyse chimique complète et l'étude aux rayons X.

Méthode chimique

Quatre analyses de schistes (dont un schiste tufacé) ont été faites :

LISTE DES ÉCHANTILLONS ANALYSÉS.

N° 324. — *Schiste ferrugineux bariolé*. La plus grande partie de la roche est rouge brique avec lits et nodules blancs correspondant en partie à la stratification. La schistosité fait un angle de 70° avec la stratification. *Provenance* : Sud-Ouest de Dinnguigha, canton de Riziam, cercle de Kongoussi (L = $1^\circ 42'$; l = $13^\circ 24'$). L'affleurement constitue une petite colline d'une cinquantaine de mètres de hauteur au-dessus de la pénéplaine; l'orientation de la schistosité est sensiblement W.NW-E.SE. A 500 m environ au Sud-Ouest du schiste, on observe un petit affleurement de gabbro ouralitisé et saussuritisé, sans orientation visible. De 500 m à 1 500 m à l'Ouest-Nord-Ouest de la colline de schistes, on observe de petits affleurements de schistes semblables au ras du sol. A 2 500 m au Nord-Est des schistes, on observe une colline d'épidotite à amphibole, roche qui paraît nettement orientée en lame mince, mais dont l'orientation n'est pas visible sur le terrain. Enfin, de 4 à 5 km à l'Ouest-Sud-Ouest des schistes, on trouve plusieurs collines de roches basiques anciennes métamorphisées, d'une hauteur de 100 à 150 m au-dessus de la pénéplaine. Les relations entre les schistes et les roches basiques, gabbros et autres, ne sont pas visibles. A ma connaissance, il n'y a pas d'autres affleurements dans la région.

N° 334. — *Schistes gréseux tufacé* contenant des minéraux phylliteux et un peu de minéral noir dispersé. *Provenance* : Est de Koumbaongho, canton de Datenga, cercle de Kongoussi (L = $1^\circ 35'$; l = $13^\circ 26' 30''$). L'affleurement, assez peu important, est isolé : il n'y a pas d'autre affleurement, à ma connaissance, à 5 km à la ronde. Il n'est donc pas possible de connaître les relations de cette roche avec les voisines. Cependant, elle est nettement située dans une région de « formations de Riziam ».

N° 523. — *Schiste rose violacé à passées blanches*. Le quartz à contours dentelliformes et à extinction roulante forme des lits à structure plus grenue que le reste de la roche. Les minéraux phylliteux sont abondants, très fins (de l'ordre du micron), associés à du quartz et à des oxydes de fer. Cet échantillon est le plus représentatif du groupe. *Provenance* : Tigana, canton de Boussouma, cercle de Kaya (L = $0^\circ 57'$; l = $12^\circ 49'$). L'affleurement n'a qu'une vingtaine de mètres de hauteur au-dessus de la pénéplaine, mais, plus au Nord et au Nord-Est, il fait place à un massif de collines très découpées s'élevant à 150 ou 200 m, c'est-à-dire plus haut que les roches basiques voisines. Le pendage de la schistosité est environ 70° vers le S.SE.

N° 526. — *Schiste gris clair* à minéral rare. *Provenance* : Nord de Soubeigha, canton de Boussouma, cercle de Kaya (L = $0^\circ 54'$; l = $12^\circ 50'$). L'affleurement constitue une colline de 80 m de hauteur de commandement. Au sommet de la colline, un conglomérat latéritique repose en discordance sur les schistes verticaux. Les schistes gris clair eux-mêmes sont assez exceptionnels, mais ils se rattachent à une importante formation de schistes plus ou moins rouges s'étendant à plusieurs kilomètres au Nord et à l'Ouest de Soubeigha. Dans cette région, on observe plusieurs affleurements et quelques petites collines d'andésite et de roches basiques anciennes métamorphisées, dont la schistosité est concordante avec celle des schistes.

RÉSULTATS DES ANALYSES.

ANALYSE N° 324				ANALYSE N° 334			
Composition pondérale		Pourcentages ioniques		Composition pondérale		Pourcentages ioniques	
Si O ₂	59,75	Si	= 61,30 O=122,60	Si O ₂	74,45	Si	= 76,50 O=153,00
Al ₂ O ₃	19,95	Al	= 24,05 36,08	Al ₂ O ₃	14,10	Al	= 17,00 25,50
Fe ₂ O ₃	10,35	Fe'''	= 7,95 11,92	Fe ₂ O ₃	2,85	Fe'''	= 2,20 3,30
FeO+MnO	0,30	Fe''+Mn	= 0,25 0,25	FeO+MnO	0,30	Fe''+Mn	= 0,25 0,25
Mg O.....	0,05	Mg	= 0,08 0,08	Mg O.....	0,50	Mg	= 0,75 0,75
Ca O.....	0,45	Ca	= 0,50 0,50	Ca O.....	0,55	Ca	= 0,60 0,60
Na ₂ O.....	1,50	Na	= 2,95 1,47	Na ₂ O.....	0,20	Na	= 0,37 0,19
K ₂ O.....	1,75	K	= 2,28 1,14	K ₂ O.....	1,50	K	= 1,90 0,95
Ti O ₂	0,75	Ti	= 0,58 1,16	Ti O ₂	0,35	Ti	= 0,28 0,56
P ₂ O ₅	0,10	P	= 0,08 0,20	P ₂ O ₅	0,15	P	= 0,12 0,30
H ₂ O ⁺	5,15			H ₂ O ⁺	5,05		
H ₂ O ⁻	0,35			H ₂ O ⁻	0,40		
	100,45				100,40		
			100,02 175,40				99,97 185,40
			OH = 35,20				OH = 34,60
			210,60				220,00
		moins O pour OH :	17,60			moins O pour OH :	17,30
			193,00				202,70
A = 96 C = 3,5 F = 0,5				A = 84 C = 6 F = 10			

ANALYSE N° 523				ANALYSE N° 526			
Composition pondérale		Pourcentages ioniques		Composition pondérale		Pourcentages ioniques	
Si O ₂	59,50	Si	= 63,10 O=126,20	Si O ₂	80,37	Si	= 80,65 O=161,30
Al ₂ O ₃	18,85	Al	= 23,50 35,25	Al ₂ O ₃	12,20	Al	= 14,40 21,60
Fe ₂ O ₃	10,90	Fe'''	= 8,65 12,98	Fe ₂ O ₃	0,20	Fe'''	= 0,15 0,23
FeO+MnO	0,225	Fe''+Mn	= 0,20 0,20	FeO+MnO	0,28	Fe''+Mn	= 0,24 0,24
Mg O.....	0,00	Mg	= 0,00 0,00	Mg O.....	0,25	Mg	= 0,37 0,37
Ca O.....	0,18	Ca	= 0,21 0,21	Ca O.....	0,26	Ca	= 0,27 0,27
Na ₂ O.....	0,60	Na	= 1,25 0,63	Na ₂ O.....	0,30	Na	= 0,60 0,30
K ₂ O.....	1,65	K	= 2,25 1,13	K ₂ O.....	2,40	K	= 3,05 1,52
Ti O ₂	1,00	Ti	= 0,80 1,60	Ti O ₂	0,28	Ti	= 0,21 0,42
P ₂ O ₅	0,09	P	= 0,08 0,20	P ₂ O ₅	0,03	P	= 0,02 0,05
H ₂ O ⁺	4,92			H ₂ O ⁺	2,58		
H ₂ O ⁻	0,65			H ₂ O ⁻	0,20		
	98,565				99,35		
			100,04 178,40				99,96 186,30
			OH = 34,80				OH = 17,25
			213,20				203,55
		moins O pour OH :	17,40			moins O pour OH :	8,62
			195,80				194,93
A = 97,3 C = 1,4 F = 1,3				A = 86 C = 4,5 F = 9,5			

DONNÉES POUR LES CALCULS PÉTROCHIMIQUES.

Ces calculs ont pour but de reconstituer le plus fidèlement possible la composition de la roche d'après les minéraux observés.

Avant tout calcul, il importe de remarquer que, dans mes schistes, un certain nombre d'éléments (Si, Al, Fe^{'''}, K, OH), sont présents en quantité supérieure à 1 % (en « pourcentage ionique »). Les autres éléments (Fe^{''}, Mn, Mg, Ca, Na, Ti, P) sont peu importants (inférieurs à 1 %, sauf une exception concernant Na dans le n° 324). D'après P. LAFFITTE (1953-1957), l'erreur relative est beaucoup plus importante sur les éléments présents en petite quantité que sur les autres. Aussi, dans les conclusions de cette étude, je ne tiendrai compte que des résultats concernant Si, Al, Fe^{'''}, K et OH. Cependant, pour éviter de fausser systématiquement les calculs, ceux-ci ont été faits en tenant compte de tous les éléments dosés.

Pour effectuer les calculs, il est nécessaire d'utiliser des compositions chimiques simples et fixes. Ceci ne pose pas de problème dans le cas de certains minéraux (albite, kaolinite, ilménite, etc.); par contre la composition de certaines argiles étant assez variable, il conviendra de discuter les résultats. Voici la liste des compositions chimiques types adoptées : (*voir tableau ci-après*)

CALCULS PÉTROCHIMIQUES.

Éliminons tout d'abord les éléments peu importants dans les schistes :

P est calculé en apatite.

Ti est calculé en ilménite (la présence de minéral est constante; au contraire, le sphène n'a pas été observé); dans trois échantillons sur quatre, Ti étant plus abondant que Fe^{''} + Mn, il reste, après le calcul de l'ilménite, un peu de Ti O₂ libre (rutile). Le rutile n'a pas été observé, mais, d'après A. HARKER (1902), la présence de ce minéral en très fines aiguilles est courante dans les roches argileuses.

Na est calculé entièrement en albite. Ce minéral n'a pas été observé au microscope, mais, ainsi qu'on le verra plus bas, la présence de feldspath a été reconnue grâce à l'étude aux rayons X.

Ca est calculé arbitrairement en zoïsite ou en épidote; Mg (et, dans le n° 526, le reste de Fe^{''}) est calculé arbitrairement en chlorite. En réalité, Ca, Mg, et même Fe^{''} sont peut-être exprimés sous forme de carbonates : dans ce cas, il y aurait un excès d'Al.

J'insiste sur le fait que le total des éléments secondaires présents dans les schistes : Fe^{''} + Mn + Mg + Ca + Na + K + Ti + P, est, en pourcentage ionique, toujours inférieur à 5 % (sauf une exception, le n° 324, où, par suite de l'abondance relative de Na, ce total atteint 6,72 %). Par conséquent, pour la suite des calculs, il importe peu que Fe^{''}, Mg, Ca soient sous forme de carbonates ou de chlorite et d'épidote, que Ti soit exprimé en ilménite, en rutile, en titanomagnétite ou qu'il soit situé dans les réseaux des silicates, que Ca, Na, Mg soient situés dans des argiles ou dans d'autres minéraux.

Après élimination des éléments peu importants, il reste Si, Al, Fe^{'''}, K, OH, qui, seuls, vont nous intéresser maintenant.

Fe^{'''} abondant dans deux échantillons sera présent sous forme d'oligiste, goethite ou limonite.

Comme on observe au microscope des minéraux phylliteux abondants et non un feldspath,

il serait absurde de faire intervenir l'orthose ou le microcline. Si, en première approximation, on calcule K sous forme de muscovite ou de séricite, on constate qu'il reste une quantité importante d'aluminium inutilisé, avec Si et des radicaux OH. Les seuls minéraux qu'il soit possible de former avec ces éléments sont :

1° les silicates d'alumine (andalousite, sillimanite, disthène);

2° l'alumine hydratée (diaspore, gibbsite);

Compositions chimiques types des différents minéraux.

Sauf indication contraire, toutes ces compositions types ont été données par A. et H. WINCHELL (1951) et R. FISCHESSE (1955).

Quartz.			Si	O ₂	
Orthose ou microcline...	K	Al	Si ₃	O ₈	
Albite.	Na	Al	Si ₃	O ₈	
Anorthite.	Ca	Al ₂	Si ₂	O ₈	
Zoïsite.	Ca ₂	Al ₃	Si ₃	O ₁₂	(OH)
Epidote (1) (pistachite)...	Ca ₂ (Fe''') ^x	Al _{3-x}	Si ₃	O ₁₂	(OH)
Andalousite, Sillimanite, Disthène.		Al ₂	Si ₃	O ₅	
Pyrophyllite.		Al ₂	Si ₄	O ₁₀	(OH) ₂
Illite (2).....	K _x	Al _{2+x}	Si _{4-x}	O ₁₀	(OH) ₂ avec 0,5 ≤ x ≤ 0,75
Muscovite.	K	Al ₃	Si ₃	O ₁₀	(OH) ₂ comme illite mais x = 1
Séricite.	K _{1-ε}	Al ₄	Si ₃	O ₁₀	(OH) _{2+ε} avec ε petit
Kaolinite.		Al ₂	Si ₂	O ₅	(OH) ₄
Diaspore.		Al		O	(OH)
Gibbsite.		Al			(OH) ₃
Calcite.	Ca			CO ₃	
Rutile.			Ti	O ₂	
Apatite.	Ca ₅		P ₃	O ₁₂	(F, Cl, OH) avec OH peu important ou absent.
Chlorite (3).....	(Mg, Fe'')	Al ₂	Si ₃	O ₁₂	(OH) ₂
Oligiste (hématite).....	(Fe'')			O ₃	
Goethite.	Fe'''			O	(OH)
Limonite (4).....	Fe'''			O	(OH) + x H ₂ O (x voisin de 0,5)
Ilménite.	Fe''		Ti	O ₃	

1. *Epidote* (pistachite) : A. et H. WINCHELL (1951) indiquent que l'épidote contient de 10 à 40 % de Ca₂ (Fe''') Si₃ O₁₂ (OH); dans ce cas, x est compris entre 0,3 et 1,2. R. FISCHESSE (1955) donne une composition à peu près équivalente : d'après cet auteur, le rapport $\frac{Al}{Fe''}$ varie de 1,5 à 6 (ce qui correspond à 0,43 ≤ x ≤ 1,2).

2. *Illite* : composition donnée par R.E. GRIM, R.H. BRAY et W.F. BRADLEY (1937) et rappelée par G. MILLOT (1949).

3. *Chlorite* : la composition donnée est la moyenne entre les compositions extrêmes de chlorites indiquées par A. et H. WINCHELL (1951) et rappelées par G. ROCCI (1955); elle correspond à la composition donnée par L. BERTRAND et M. ROUBAULT (1936) ainsi que par R. FISCHESSE (1955); ce dernier précise qu'en général il y a peu de Fe''. L'adoption d'une composition moyenne pour la chlorite ne présente que peu d'inconvénients car, si ce minéral est présent dans les schistes, c'est certainement en très petite quantité (Mg peu abondant).

4. *Limonite* : la limonite est plutôt une roche qu'un minéral.

3° Les silicates d'alumine hydratés, c'est-à-dire certaines argiles (kaolinite, illite, pyrophyllite).

Les silicates d'alumine anhydres n'ont pas été observés au microscope, ni décelés aux rayons X; d'ailleurs leur présence serait assez aberrante au point de vue zonéographique.

La présence de diaspore ou de sa variété la boehmite ne serait pas impossible car les phénomènes de latéritisation sont communs dans la région; cependant, ce minéral, qui a une biréfringence assez élevée, n'a pas été observé au microscope.

Il reste à envisager la présence possible de gibbsite, kaolinite, illite, pyrophyllite (ou, éventuellement, d'autres argiles. Pour trancher la question, une étude aux rayons X a été demandée au laboratoire de Géologie de l'Université de Strasbourg.

Étude aux rayons X

Voici les résultats de cette étude :

	324	334	523	526
minéraux présent :	illite kaolinite gibbsite	illite kaolinite	illite kaolinite traces de gibbsite	illite kaolinite
	quartz feldspath oligiste	quartz feldspath	quartz feldspath	quartz feldspath
proportions dans la phase argileuse ($\leq 2 \mu$)	illite 70 % kaolinite 30 %	kaolinite 60 % illite 40 %	illite 70 % kaolinite 30 %	illite 50 % kaolinite 50 %

On remarque que la présence d'oligiste n'a été reconnue que dans l'échantillon 324, ce qui est conforme à l'observation microscopique (les oxydes de fer du n° 523 sont plutôt la goethite ou la limonite).

Le feldspath est présent dans les quatre schistes. L'intensité de la raie correspondante (distance réticulaire 3,20 Å) est conforme à la quantité d'albite qui a été calculée par la méthode chimique (n° 324 albite 14,75 équivalents intensité A.F.)

n° 334 albite 1,85 équivalents intensité t.f.

n° 523 albite 6,25 équivalents intensité f.

n° 526 albite 3,00 équivalents intensité f.

A la suite de l'étude de Th. CAMEZ et G. MILLOT, je me suis efforcé de reconstituer la composition équivalente des schistes, d'après les minéraux observés :

ANALYSE N° 324

Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Ilm	Ru	Epi	Chlo	Ab	Illite	Kaol	Gibb	Limo	Ol	Q
Si	61,30			0,55	0,05	8,85	15,96	8,20				27,69
Al	24,05			0,37	0,03	2,95	11,40	8,20	1,10			
Fe'''	7,95			0,18						3,04	4,73	
Fe'' + Mn	0,25	0,25										
Mg	0,08				0,08							
Ca	0,50	0,13		0,37								
Na	2,95					2,95						
K	2,28						2,28					
Ti	0,58	0,25	0,33									
P	0,08											
OH	35,20			0,18	0,12		9,12	16,40	3,30	6,08		

quartz	27,69
albite	14,75
illite	29,64
kaolinite	16,40
gibbsite	1,10
chlorite	0,16
épidote	1,47
oligiste	4,73
limonite	3,04
ilménite	0,50
rutile	0,33
apatite	0,21
	100,02

L'illite calculée a pour composition



Il y a beaucoup plus d'albite que dans les autres schistes.

Les proportions relatives de kaolinite, gibbsite, limonite et oligiste ne peuvent pas être déterminées par le calcul. Les quantités indiquées ci-dessus ont été choisies de façon à s'adapter le mieux possible aux résultats de l'étude aux rayons X (illite 70 %, kaolinite 30 %, présence de gibbsite).

ANALYSE N° 334

Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Ilm	Ru	Epi	Chlo	Ab	Limo	Illite	Kaol	Q
Si	76,50			0,60	0,45	1,11		8,23	8,96	57,15
Al	17,00			0,40	0,30	0,37		6,97	8,96	
Fe''	2,20			0,20			2,00			
Fe'' + Mn	0,25	0,25								
Mg	0,75				0,75					
Ca	0,60	0,20		0,40						
Na	0,37					0,37				
K	1,90							1,90		
Ti	0,28	0,25	0,03							
P	0,12									
OH	34,60			0,20	1,20		4,00	5,07	17,92	

quartz	57,15
albite	1,85
illite	17,10
kaolinite	17,92
chlorite	1,50
épidote	1,60
limonite	2,00
ilménite	0,50
rutile	0,03
apatite	0,32
	99,97

L'illite calculée a pour composition



Compte tenu des radicaux (OH), les proportions d'illite et de kaolinite dans la phase argileuse sont approximativement celles qui ont été trouvées par l'étude aux rayons X (kaolinite 60 %; illite 40 %).

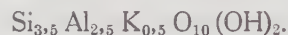
ANALYSE N° 523

Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Ilm	Ru	Ab	Illite	Epi	Kaol	Gibb	Goet	Ol	Q
Si	63,10			3,75	15,75	0,12	10,85				32,63
Al	23,50			1,25	11,25	0,10	10,85	0,05			
Fe'''	8,65					0,02			3,90	4,73	
Fe'' + Mn	0,20	0,20									
Ca	0,21	0,13				0,08					
Na	1,25			1,25							
K	2,25				2,25						
Ti	0,80	0,20	0,60								
P	0,08	0,08									
OH	34,80				9,00	0,04	21,70	0,15	3,90		

quartz	32,63
albite	6,25
illite	29,25
kaolinite	21,70
gibbsite	0,05
épidote	0,32
oligiste	4,73
goethite	3,90
ilménite	0,40
rutile	0,60
apatite	0,21
	100,04

L'illite calculée a pour composition



Les proportions relatives d'illite et de kaolinite calculées ne sont pas exactement conformes à celles qui résultent de l'examen aux rayons X (illite 70 %, kaolinite 30 %).

La goethite et l'oligiste ont été calculées de façon à utiliser les radicaux OH restant.

ANALYSE N° 526

Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Ilm	Chlo	Epi	Ab	A			B		
						Illite	Kaol	Q	Séri	Kaol	Q
Si	80,65		0,24	0,36	1,80	13,22	2,25	62,78	9,30	4,13	64,82
Al	14,40		0,16	0,21	0,60	11,18	2,25		9,30	4,13	
Fe'''	0,15			0,15							
Fe'' + Mn	0,24	0,21	0,03								
Mg	0,37		0,37								
Ca	0,27	0,03		0,24							
Na	0,60				0,60						
K	3,05					3,05			3,05		
Ti	0,21	0,21									
P	0,02	0,02									
OH	17,25		0,64	0,12		8,13	4,50		6,25	8,26	

A		B	
quartz	62,78	quartz	64,82
illite	27,45	séricite	21,65
kaolinite	4,50	kaolinite	8,26
albite	3,00	albite	3,00
epidote	0,96	epidote	0,96
chlorite	0,80	chlorite	0,80
ilménite	0,42	ilménite	0,42
apatite	0,05	apatite	0,05
	<u>99,96</u>		<u>99,96</u>

L'illite calculée a pour composition



Il n'y a pas assez d'aluminium, ou trop de potassium pour que l'on puisse obtenir par le calcul les proportions d'illite et de kaolinite déterminées par l'étude aux rayons X (illite 50 %; kaolinite 50 %).

A) Si l'on admet la présence d'illite et de kaolinite, comme dans les autres schistes, le calcul donne : illite 27,45 (soit 86 %) ; kaolinite 4,50 (soit 14 %) ; en outre, il reste 3,86 radicaux OH inutilisés.

B) On ne peut améliorer la proportion de kaolinite qu'en supposant qu'il s'agit de séricite et non d'illite. On obtient alors : séricite 21,45 (soit 72 %) : kaolinite 8,26 (soit 28 %). Cette solution est vraisemblable car la séricite et l'illite ont la même structure réticulaire ; en outre il ne reste que 1,99 radicaux OH inutilisés.

Conclusion

L'emploi des trois méthodes — examen microscopique, analyse chimique et étude aux rayons X — a permis de reconnaître dans les schistes argileux de la série de Riziam la présence de : quartz, albite : *feldspath* reconnu aux rayons X, et déterminé comme albite grâce à l'étude chimique.

kaolinite : présente en quantités variables dans les quatre échantillons étudiés.

gibbsite : présente en très petite quantité dans deux échantillons sur quatre.

illite et séricite : l'étude aux rayons X permet seulement de dire qu'il y a illite ou séricite ; d'après l'étude chimique les échantillons n^{os} 324, 334 et 523 peuvent contenir illite seule ou illite et séricite, mais certainement pas séricite seule ; par contre le n^o 526 peut contenir illite et séricite ou même séricite seule.

Enfin, des oxydes de fer, le plus souvent hydratés.

Cette liste n'est pas limitative. Citons, parmi les minéraux dont la présence peut être envisagée mais n'est pas démontrée :

argiles sodiques et magnésiennes ;

carbonates de Ca, Mg, Fe ;

chlorite, epidote, zoisite ;

ilménite, rutil, titanomagnétite.

INTERPRÉTATIONS

Le présent chapitre a pour objet l'examen de trois des problèmes qui se posent à propos des roches métamorphiques :

- a) Quelles ont été les conditions dans lesquelles le métamorphisme a agi?
- b) Comment se présentaient à l'origine les roches que nous observons aujourd'hui? Quelle a été leur histoire?
- c) Quels sont les âges respectifs des groupes et des différentes séries?

Généralités

Placés devant la complexité et la variété des roches métamorphiques, les pétrographes se sont efforcés en premier lieu d'y établir des coupures.

I. LE PRINCIPE DES FACIÈS MINÉRAUX.

Après avoir défini le « faciès métamorphique » (1915) et le « faciès minéral » (1921), P. ESKOLA rappelle (1946) les principes de sa classification (1) :

« Etant donné un mélange qualitativement et quantitativement bien défini de corps pouvant donner une réaction d'équilibre chimique, il se forme, à une température et à une pression données, toujours exactement le même nombre de phases. Appliquée aux roches, cette règle signifie que, dans conditions physiques données, une composition chimique globale correspond à une composition minéralogique déterminée ».

« Dans les roches parvenues à un équilibre chimique, le nombre des phases cristallines ou espèces minérales est au maximum égal à celui des composants chimiques de la roche. C'est ce qu'on appelle la règle des phases minéralogiques. On peut choisir les composants de diverses manières, mais le plus simple est de prendre pour tels les oxydes tels qu'ils apparaissent ordinairement dans les analyses ».

« On groupe dans un même « faciès minéral » les roches qui, pour une même composition chimique, présentent une même composition minéralogique bien définie, mais qui, lors d'un changement de composition chimique, modifient leur composition minéralogique d'après des règles bien définies. Cette définition s'appuie sur le fait que les roches ont, en général, une composition minéralogique en équilibre, mais elle n'implique pas l'hypothèse que l'équilibre est toujours effectivement réalisé ».

« Le principe des faciès minéraux et la classification qui en résulte ont été établis pour les roches métamorphiques, mais ils peuvent être utilisés également pour de nombreuses roches magmatiques : un granite a souvent la même composition minéralogique qu'un gneiss et un gabbro à hornblende la même qu'une amphibolite ; la classification des faciès minéraux est, de cette façon, indépendante du mode de genèse... »

« Lorsque, dans un certain faciès, une association minérale semble être en équilibre, les espèces cristallines qui la composent sont désignées comme constituants « typomorphes » pour le faciès. Parmi ceux-ci certaines espèces cristallines et certaines associations d'espèces cristallines sont « critiques » du faciès, ce qui signifie qu'on ne peut les observer que dans le faciès en question et non dans un autre ; de sorte que leur présence permet d'affirmer d'une façon décisive qu'une roche appartient à un faciès donné (2) ».

Ces principes étant posés, P. ESKOLA définit les différents faciès minéraux et les classe de la manière suivante :

1. *Op. cit.* (1946), p. 292.

2. Bien remarquer que l'expression « minéral critique » n'est pas synonyme de « minéral caractéristique » ; en effet, l'absence d'un minéral critique ne signifie pas que la roche n'appartient pas au faciès métamorphique correspondant : par exemple, un gneiss sans amphibole peut se ranger dans le faciès amphibolite, l'absence d'amphibole étant due à l'absence ou à la rareté des éléments chimiques qui composent ce minéral.

<i>Température décroissante</i> →			
<i>Pression croissante</i> ↓	F. sanidinite F. <i>diabase</i>		Formation de zéolites
	F. cornéenne à pyroxène F. <i>gabbro</i>	F. amphibolite F. <i>gabbro à hornblende</i>	F. amphibolite à épidote
	F. « Granulit »		
	F. <i>éclogite</i>	F. schistes à glaucophane	F. schiste vert

Les noms des faciès indiqués en *italique* sont ceux des roches cristallines (« magmatiques »).

Comme on le voit, la plupart des noms des faciès minéraux sont empruntés à des roches de composition gabbroïque.

Pour l'étude des roches métamorphiques, P. ESKOLA propose l'emploi de diagrammes A C F dont la construction assez simple a été décrite en français par divers auteurs : G. ROCCI (1955) (1) et D. SOULÉ DE LAFONT (1955) (2). Aussi je n'y reviendrai pas.

II. LA ZONÉOGRAPHIE.

A la différence de P. ESKOLA, J. JUNG et M. ROQUES (1936) établissent une nouvelle classification des roches métamorphiques, basée sur des roches alumineuses. La méthode est utilisée par M. ROQUES en 1941 dans son étude sur « les schistes cristallins de la partie Sud-Ouest du Massif Central français », et synthétisée par les deux auteurs en 1952 dans un ouvrage qui est maintenant très connu dans les milieux pétrographiques français.

La méthode zonéographique a l'avantage d'être simple; la zone d'une roche peut généralement être déterminée à l'aide d'une seule lame mince, et souvent même sur le terrain. Faisant un tri parmi les termes créés par différents auteurs depuis J.-J. SEDERHOLM (1907) et n'utilisant eux-mêmes que peu de noms nouveaux, J. JUNG et M. ROQUES rendent d'appréciables services aux pétrographes en facilitant les descriptions.

Mais il faut éviter d'utiliser abusivement la zonéographie en lui faisant rendre une signification stratigraphique qu'elle n'a pas.

Étude des faciès métamorphiques et zonéographiques des schistes cristallins de Haute-Volta

I. GROUPE DE RIZIAM.

a) Quartzites.

Les *quartzites blancs* et les *quartzites à minerai* ont une composition minéralogique qui est stable dans toutes les zones de métamorphisme; par contre, l'observation d'hydroxydes ferriques

1. *Op. cit.* p. 153.

2. *Op. cit.* p. 47.

et de silice fibreuse dans les *quartzophyllades ferrugineuses* conduit à leur attribuer une genèse superficielle, mais il peut s'agir d'un remaniement récent d'anciens quartzites à minéral.

Les *quartzites manganésifères* ont une composition minéralogique qui est stable dans toutes les zones de métamorphisme, même lorsqu'ils contiennent de la spessartine; en effet ce minéral est, de tous les grenats, celui dont l'éventail de stabilité est le plus ouvert; on peut l'observer même dans la zone des micaschistes supérieurs.

Les *quartzites sériciteux*, avec ou sans minéral, ont une position zonéographique mal définie, par suite de la difficulté de la détermination du mica. Toutefois il s'agit plus vraisemblablement de séricite (fines paillettes) que de muscovite (belles lames) ce qui nous conduirait à les attribuer à la zone des micaschistes supérieurs (faciès « schistes verts »).

Le *quartzite sériciteux* à grenat et staurotide de Séguenaga et le *quartzite sériciteux* à andalousite d'Yalanga ont des faciès métamorphiques plus profonds (zones des micaschistes inférieurs ou des gneiss supérieurs, faciès « amphibolite » ou « amphibolite à albite-épidote »), mais la roche d'Yalanga a dû subir une rétro-morphose dans la zone des micaschistes supérieurs car l'andalousite est séricitisée.

On ne peut pas dire grand'chose de la position zonéographique des *quartzites à chlorite*; en effet ce minéral, fréquent dans l'épizone, peut, lorsqu'il n'est pas accompagné de séricite ou autres minéraux potassiques (qui permettraient la transformation en biotite) subsister jusque dans les zones de gneiss; toutefois F. J. TURNER ne signale la chlorite que dans le faciès « amphibolite à albite-épidote » à l'exclusion du faciès « amphibolite ».

Les minéraux accessoires des *quartzites feldspathiques* (chlorite, séricite, épidote, zoïsite, plus rarement biotite et actinote) permettent de les ranger dans la zone des micaschistes (supérieurs ou, plus rarement, inférieurs) (faciès « schiste vert »).

b) *Schistes micacés et chloriteux.*

Les *séricitoschistes* ont une composition minéralogique stable dans la zone des micaschistes supérieurs (et non inférieurs car on observe de petites quantités de chlorite). Ils appartiennent au faciès « schiste vert », sous faciès muscovite-chlorite. Voici d'ailleurs la position de la roche analysée (n° 542) dans le diagramme A C F (fig. 21 et 22).

Les schistes à séricite et chlorite, et les chloritoschistes sont également typiques de cette zone et de ce faciès métamorphique.

Les *calco-chloritoschistes* sont composés de minéraux stables dans le faciès « schiste vert » (sous-faciès muscovite-chlorite) et dans la zone des micaschistes supérieurs. Toutefois, si nous reportons les paramètres A C F des deux roches analysées (n°s 385 et 456) sur le diagramme (fig. 23) correspondant à ce faciès, avec CO₂ présent, nous remarquons une différence avec l'association minérale prévue par F. J. TURNER (1948) : le diagramme de cet auteur laisse prévoir l'association épidote (zoïsite), calcite, chlorite (ou ferrostilpnomélane) (1). Or, nous observons en plus la séricite (un peu dans l'échantillon n° 456, beaucoup dans l'échantillon n° 385); et la dolomite dans ce dernier. Les associations observées sont donc en déséquilibre, ce qui est fréquent dans le faciès « schiste vert ». L'existence de la séricite peut être due à la présence du potassium, élément dont les diagrammes A C F ne tiennent pas compte et qui, lors d'un métamorphisme superficiel, ne peut s'exprimer que sous forme de mica blanc. En ce qui concerne les carbonates, F. J. TURNER (1948) (2) émet l'hypothèse suivante :

1. Le diagramme de P. ESKOLA (1946, p. 301) prévoit dans ce cas une association épidote-chlorite-talc ou giobertite.
2. *Op. cit.* traduction française p. 109.

Faciès "schiste-vert" sous-faciès "muscovite-chlorite" Diagramme ACF pour les roches avec excès de SiO_2 ; CO_2 absent

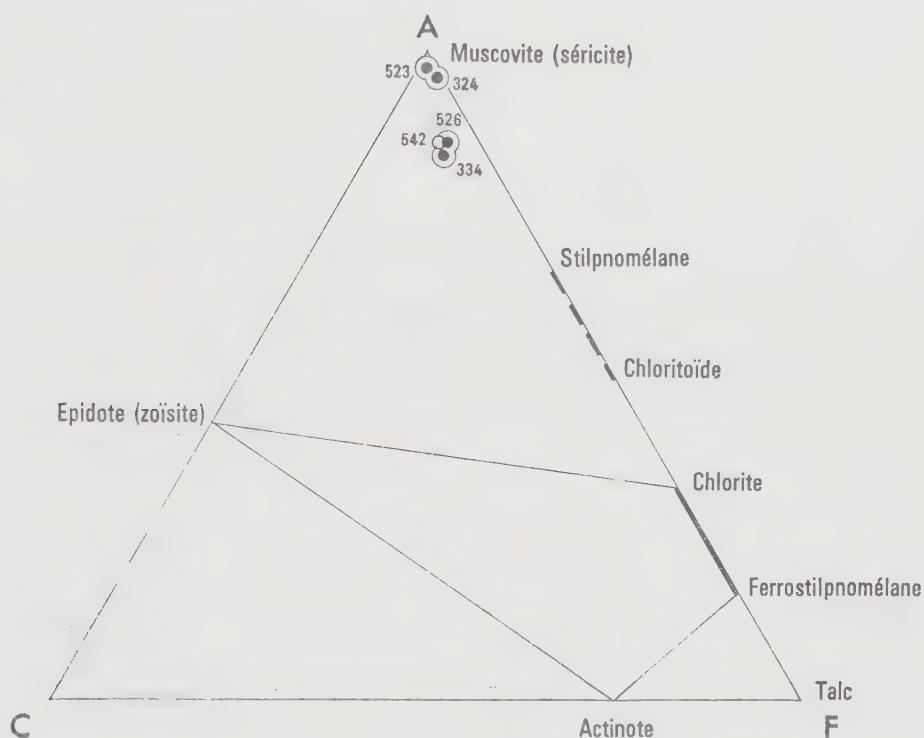


Fig. : 21

« L'activité chimique de solutions circulantes peut changer la composition globale, le système » étant en fait ouvert pour certains constituants, tandis que clos pour d'autres.

« La présence de CO_2 cause l'instabilité de certaines associations qui autrement seraient » stables, et peut ainsi entraîner la cristallisation d'une nouvelle paragenèse comprenant des » minéraux carbonatés. »

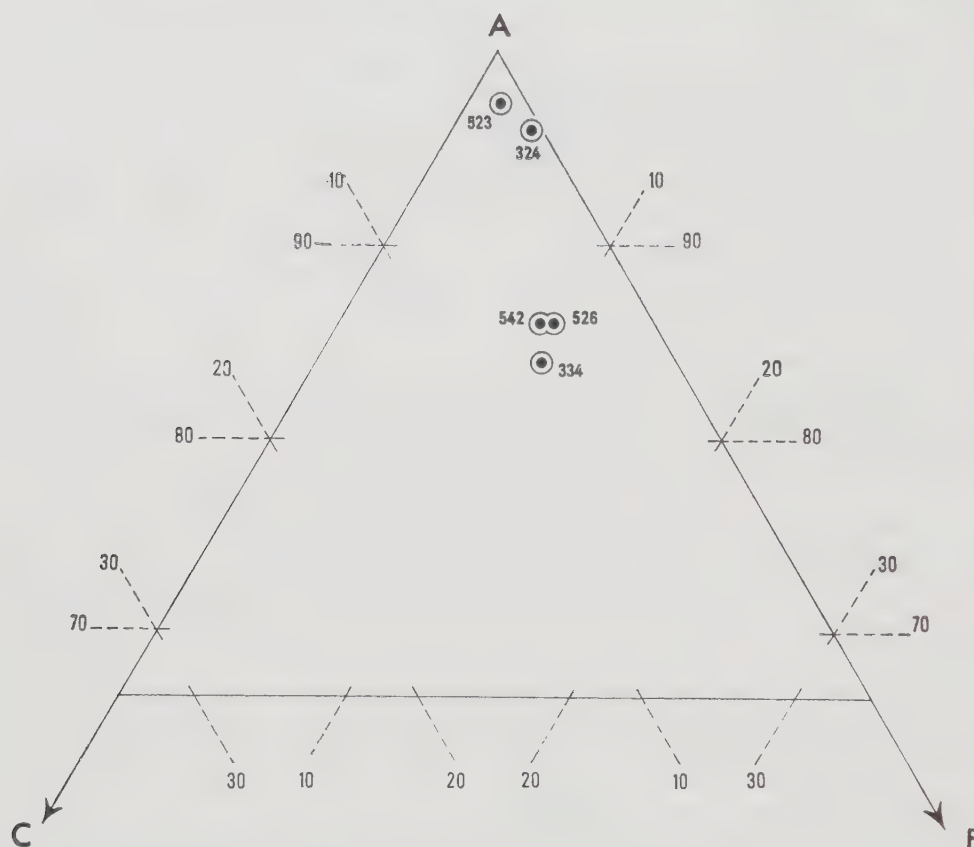
On peut également supposer que la *roche était originellement carbonatée* et que, l'action du métamorphisme ayant été insuffisante, la dolomite ne s'est pas entièrement transformée en chlorite. D'après W. S. FYFE, F. J. TURNER et J. VERHOOGEN (1958) (1) la présence de dolomite et de calcite dépend de la composition de la roche originelle; ces minéraux sont stables dans le métamorphisme épi- et même mésozonal, même si la roche contient du quartz.

Les *micaschistes* à biotite et chlorite ont une composition minéralogique typique du sous-faciès « biotite-chlorite » (faciès « schiste vert »). Au point de vue zonéographique, ils se situent à la limite des zones des micaschistes supérieurs et inférieurs.

1. *Op. cit.* pp. 222 à 224.

Faciès "schiste-vert" sous-faciès "muscovite-chlorite"

Diagramme ACF pour les roches avec excès de SiO_2 ; CO_2 absent



Agrandissement de la partie supérieure du diagramme.

Fig. : 22

Enfin, les *quartzites à biotite* et les *micaschistes à biotite et muscovite* ont une composition minéralogique équilibrée du faciès « schiste vert » (sous-faciès biotite-chlorite) et pouvant subsister dans le faciès « amphibolite à albite-épidote ». Ils sont typiques de la zone des micaschistes inférieurs. La mise en place des paramètres A, C, F, de la roche analysée (n° 266) sur le diagramme triangulaire montre que l'association minérale observée est en équilibre.

c) *Shales et schistes tufacés.*

Dans la conclusion de l'étude chimico-minéralogique de ces schistes, nous avons admis qu'ils comprenaient les minéraux suivants : quartz, albite, kaolinite, oxydes ferriques le plus souvent hydratés, gibbsite rare, et illite avec ou sans séricite (un seul échantillon sur quatre ne contient peut-être pas d'illite); ceci sans préjuger d'autres minéraux dont la présence n'a pas été démontrée.

Faciès "schiste-vert" sous-faciès "muscovite-chlorite"

Diagramme ACF pour les roches avec excès de SiO_2 et de CO_2

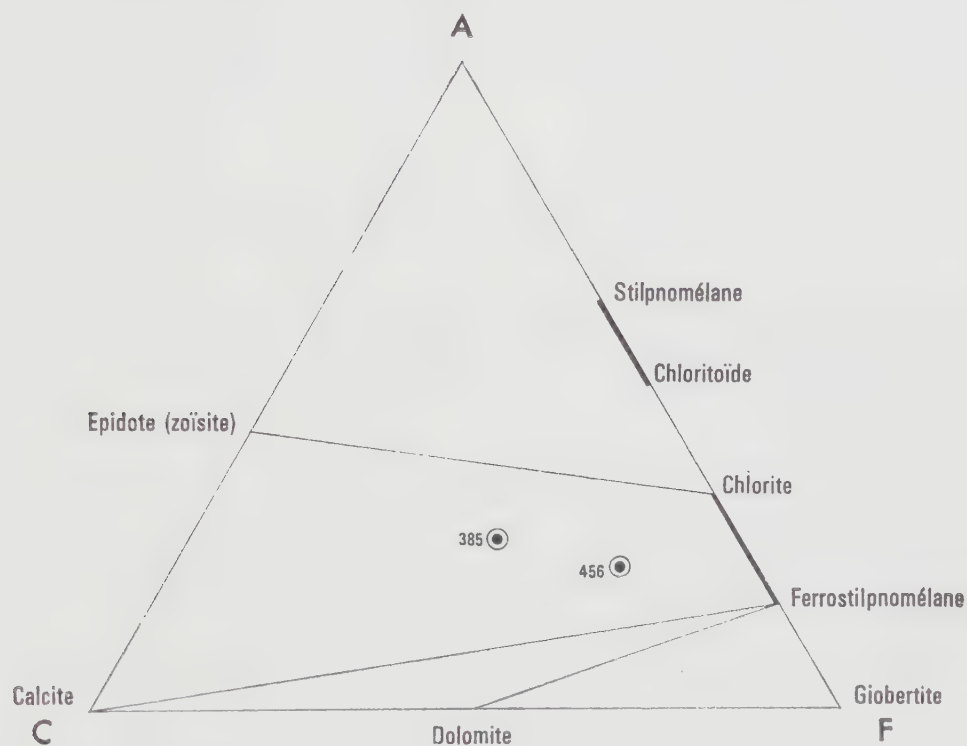
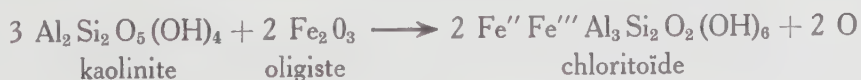


Fig. : 23

Si nous reportons dans les diagrammes triangulaires (fig. 21 et 22) les paramètres A, C, F, des quatre échantillons analysés (n^{os} 324, 334, 523 et 526) nous constatons que les points représentatifs sont proches du sommet A (et voisins du point correspondant au séricitoschiste 542). Cependant les shales sont moins alumineux qu'il paraît, car Fe_2O_3 est compté avec Al_2O_3 dans le paramètre A. Les points représentatifs tombent dans le triangle muscovite-épidote-chlorite (ou biotite) des faciès « schiste vert » et « amphibolite à albite-épidote ». L'absence ou la rareté de la chlorite s'explique par l'insuffisance de Fe'' et de Mg. De même, pour la biotite et le stilpnomélane. Mais, selon P. NIGGLI (1912), A. HARKER (1932) ainsi que J. JUNG et M. ROQUES (1952) (1), on s'attend à observer, en milieu hyperferrique la formation du *chloritoïde* :



1. *Op. cit.* p. 20.

L'absence de ce minéral et la présence de minéraux argileux constituent une *paragenèse aberrante*.

Plusieurs explications peuvent être envisagées :

1° *Les shales du groupe de Riziam ne sont pas métamorphiques*, ou leur métamorphisme correspond à la partie la plus superficielle de la zone des micaschistes supérieurs. Nous savons en effet que si cette zone de métamorphisme est assez bien définie vers le bas, elle ne l'est pas du tout vers le haut : il y a plutôt un passage progressif de l'illite à la séricite, des *shales* aux séricitoschistes ; l'expérience et le raisonnement indiquent que si la taille du réseau micacé augmente, la quantité de remplacement isotypique à l'intérieur de ce réseau diminue, et que l'on s'oriente de plus en plus vers des minéraux purs.

Si l'on admet que le métamorphisme des schistes argileux est très faible, sinon nul, y a-t-il lieu de les séparer stratigraphiquement des autres formations du groupe de Riziam dont la position zonéographique est bien déterminée (zone des micaschistes supérieurs, ou, exceptionnellement, inférieurs). A priori, rien ne nous y oblige ; au contraire, il n'existe aucune relation obligatoire entre la position stratigraphique d'une roche et son faciès métamorphique. On peut comparer les *shales* du groupe de Riziam avec des schistes et phyllades qui ont été observés en plusieurs endroits de l'Ouest africain, dans des formations post-birrimiennes (Tarkwaïen, Buem, série de Rockell, schistes de Toun, schistes d'Yboudan) ; mais les faciès sont assez différents, et il ne s'agit pas de formations aussi importantes. Aucune discordance n'ayant été observée entre les *shales* et les autres formations du groupe de Riziam, le géologue serait bien embarrassé pour établir une coupure stratigraphique. Enfin, anticipant sur la troisième partie de ce bulletin, nous pouvons dire dès maintenant qu'en de rares endroits, on observe l'existence de cornéennes au contact des schistes et des granites qui sont très comparables aux granites birrimiens. Ceci atteste l'antériorité d'au moins une partie des schistes par rapport aux granites.

2° *L'illite et l'albite feraient partie du patrimoine originel des shales*. La kaolinite, la gibbsite et les oxydes de fer hydratés proviendraient d'une altération superficielle (latéritique ou non). Cette altération semble avoir agi sur une très grande échelle puisqu'elle fait apparaître des collines de schistes très découpées, de 150 à 200 m de hauteur au-dessus de la pénéplaine ; cependant, nous ne connaissons que l'aspect superficiel des roches, et n'ayant jamais eu l'occasion de prélever un *shale* à trente mètres de profondeur, je ne peux pas savoir où s'arrête la latéritisation (ou la kaolinisation).

3° *La kaolinite comme l'illite pourrait provenir du « patrimoine originel »*. Mais, si l'on peut facilement admettre que l'illite, dont la composition est intermédiaire entre celles de la muscovite et de la pyrophyllite, peut demeurer intacte malgré l'influence d'un léger métamorphisme, la kaolinite est généralement considérée comme beaucoup plus sensible : en principe, d'après J. JUNG et M. ROQUES (1952), on devrait observer l'apparition de *pyrophyllite* :



ou de chloritoïde (en présence de Fe_2O_3).

En outre cette hypothèse n'explique pas l'abondance de Fe''' dans deux des échantillons analysés, dont l'un est le plus typique de la formation.

4° *La kaolinite et l'illite pourraient provenir toutes deux d'un remaniement de la roche originelle*. La présence de gibbsite, de minerais de fer hydratés et quelquefois de silice fibreuse font penser

à une circulation d'eau et à la latéritisation. Cependant l'illite n'est pas un minéral classique des latérites et des bauxites qui contiennent plutôt diaspore, boehmite et gibbsite.

Si l'on admet toutefois que kaolinite et illite proviennent d'un remaniement, la question se pose de savoir *quelle était la roche originelle*. J. SAGATZKY (1954) pense qu'une partie des schistes proviendrait de l'altération de roches basiques laminées puis latéritisées en surface. L. BAUD (1941) admet la possibilité de cette origine dans certains cas, mais il ne pense pas pouvoir la généraliser. Pour J. DELORME (1951), les *schistes rouges* de la « série de Filio-Yélenga » proviendraient de la latéritisation des schistes amphiboliques et chloriteux de la même série. P. MASCLANIS (1955) remarque aussi que les *schistes rouges* sont souvent en voie de latéritisation mais il ne précise pas quelle devait être la roche originelle.

Tout en reconnaissant avec ces auteurs que, dans certains cas, l'altération de roches basiques puisse aboutir à un faciès voisin de celui des *shales*, je ne pense pas que cette origine puisse être généralisée. En effet :

I. Certains *shales* sont nettement stratifiés, et quelques-uns ont même une stratification distincte de la schistosité; il ne s'agit pas de schistes bariolés dont l'aspect serait dû à la circulation de l'eau; et on ne voit pas comment la latéritisation de roches basiques même laminées et schistifiées au cours de mouvements dynamiques intenses pourrait aboutir à la formation de schistes d'apparence stratifiée.

II. Si l'on compare les analyses de schistes précédemment données (n^{os} 324, 334, 523 et 526) avec les analyses de roches basiques du groupe de Dacula (n^{os} 379, 380, 614, 386, 420, 260, 369, 373, 378, 384, 441, 462 et 553), on remarque (1) que le passage de celles-ci à ceux-là se traduit par un départ de Fe'', Mg'', Ca, Na et par un enrichissement en Si, Fe''', K (2) et OH. Le mouvement d'Al, souvent positif, n'est pas toujours évident : certains de nos schistes (n^o 526) sont assez peu alumineux. Or le phénomène de latéritisation comprend d'ordinaire (3) un enrichissement important en Al, Fe''' (et OH), alors que tous les autres éléments disparaissent (Fe'' est oxydé, les autres sont entraînés en solution). Dans ces conditions, je ne pense pas qu'on puisse considérer nos *shales* comme provenant de la latéritisation des roches basiques.

Il n'en est pas de même des schistes sériciteux et chloriteux dont les analyses, malheureusement peu nombreuses, (n^o 542, p. 194 : séricitoschiste; n^o 527, p. 208 : chloritoschiste à actinote et épidote) sont beaucoup plus proches de celles des *shales*. Nous savons d'ailleurs que la chlorite est très instable dans la zone d'altération et peut se transformer en kaolinite, minéral dont le réseau est voisin du sien.

En conclusion, parmi ces quatre hypothèses, laquelle choisir? L'hypothèse (3) est la moins vraisemblable car elle ne concorde pas avec ce que nous savons du métamorphisme dans la zone superficielle, et en outre, elle ne tient pas compte de l'abondance de Fe'''; l'hypothèse (1) est

1. Pour comparer les analyses avec plus de rigueur mathématique, on pourrait utiliser la méthode de la cellule-standard de T.W. BARTH, à 160 oxygènes. Mais il faut pour cela être certain qu'il n'y a pas eu de variations de volume au cours de la transformation (or nous n'en savons rien), et qu'en outre il n'y a pas eu de mouvements d'oxygène (or il est probable qu'au contraire l'altération a été due à une circulation d'eau). L'utilisation de la méthode BARTH exige également que l'on se base sur des analyses de roches très voisines (une analyse de schiste et une analyse de roche basique, dont l'un dérive certainement de l'autre), ou qu'à défaut on fasse la moyenne d'un très grand nombre de schistes et d'un très grand nombre d'analyses de roches basiques, afin d'éliminer les erreurs dues à la dispersion des compositions. Aucune de ces deux possibilités ne nous était offerte ici.

2. Une seule roche basique (n^o 384) est plus riche en potassium que les schistes.

3. Voir en particulier, à ce sujet, R. MAIGNIEN (1958).

acceptable à condition que l'on ne veuille pas s'appuyer sur un critère zonéographique pour établir une distinction stratigraphique; l'hypothèse (4) n'est acceptable que si l'on considère l'illite comme un produit d'altération superficielle de la séricite et non comme une argile latéritique; enfin, on ne peut admettre l'hypothèse (2) que si l'on considère la kaolinite comme un produit d'altération superficielle (de la chlorite, de la séricite et de l'illite?)

En résumé, les *shales* que nous observons sont *rarement des roches saines* (le schiste gris de Soubeigha n° 526 est une des plus saines); *en profondeur, ils font probablement place à des schistes à illite et chlorite, à des séricitoschistes et à des schistes verts.*

d) *Tufs et grauwackes.*

Mise à part l'association oxydes de fer - argiles (et éventuellement gibbsite) pour laquelle nous pouvons faire la même remarque qu'au sujet des schistes, les minéraux qui constituent ces roches sont stables dans la partie la plus superficielle de la zone des micaschistes supérieurs (faciès « schiste vert », sous faciès « muscovite-chlorite »).

e) *Schistes graphiteux.*

La présence de graphite en plus ou moins grande quantité ne change rien à la position zonéographique de ces schistes.

f) *Schistes manganésifères.*

Dans la partie descriptive (p. 69) nous avons dit que le manganèse se trouvait présent sous forme d'oxyde ou, rarement, de spessartine. Or, d'après F.J. TURNER (1948) (1), dans le faciès « schiste vert » : « La présence de manganèse, même en petite quantité, conduit à la formation de grenat spessartine qui est largement distribué, en tant que minéral accessoire, dans les schistes de la zone à chlorite. Quand le manganèse se trouve avec une certaine abondance dans des roches relativement pauvres en MgO, la piémontite ou quelque autre minéral manganésifère du groupe de l'épidote fait son apparition, l'association la plus commune de ce type étant quartz-muscovite piémontite (-spessartine) ». D'autre part, d'après J. JUNG et M. ROQUES (1952) (2), on peut également observer l'ottrélite, variété manganésifère de chloritoïde.

Or nos schistes ne contiennent ni ottrélite ni piémontite, et la spessartine est rare. Le manganèse se présente généralement sous forme de minerai oxydé. Cette paragenèse aberrante pourrait faire croire à l'absence de métamorphisme; cependant, par analogie avec ce que nous avons dit pour les *shales*, nous pouvons supposer que les « schistes manganésifères » représentent un faciès d'altération superficielle de schistes sériciteux et chloriteux à spessartine ou à ottrélite que nous ne connaissons pas. En Moyenne Côte-d'Ivoire, E.W. MOLLY (1946), et au Ghana N.-R. JUNNER (1935) et H. SERVICE (1943) admettent que les oxydes proviendraient de l'altération superficielle de gondite (quartzite à spessartine). Mais, en Haute-Volta, ne pouvant admettre que l'altération d'un quartzite puisse aboutir à la formation d'un schiste, nous sommes obligés de supposer que la roche saine sous-jacente est un schiste.

g) *Conclusion.*

Dans l'ensemble, les roches du groupe de Riziam ont été soumises à un *métamorphisme superficiel*, soit franchement dans la zone des micaschistes supérieurs (cas des quartzites, des schistes sériciteux et chloriteux), soit dans la partie tout à fait supérieure de cette zone, à la limite

1. *Op. cit.* traduction française, p. 110.

2. *Op. cit.* p. 21.

de la zone non métamorphique (cas des schistes argileux et tufacés, les plus fréquents du groupe, ainsi que des schistes graphiteux et manganésifères). En outre, elles ont été fréquemment *altérées en surface*. Il existe toutefois quelques roches exceptionnelles d'un faciès un peu plus « profond » : roches à grenat et staurotide, roches à andalousite, micaschistes à biotite, etc. Plusieurs d'entre elles ont été observées à faible distance d'un granite en massif circonscrit; aussi peut-on les interpréter comme résultant du métamorphisme de contact.

II. SÉRIE DE BAMGA.

A la différence du groupe précédent, cette série présente une certaine unité de composition chimique globale, mais elle s'étend sur trois faciès métamorphiques et sur trois zones de métamorphisme. D'après les dix échantillons de gneiss qui ont été recueillis, voici comment se répartissent les différents faciès :

a) Gneiss à hornblende et biotite.

Parmi toutes les associations minérales proposées par F. J. TURNER (1948), celle qui convient le mieux au gneiss de Koury (n° 633) (gneiss à biotite, hornblende rare et grenat) correspond au faciès « amphibolite », sous-faciès « almandin-diopside-hornblende ». La mise en place des paramètres A, C, F, de cette roche sur le diagramme triangulaire (fig. 24) montre qu'elle se situe approximativement sur la ligne anorthite-almandin (1), ce qui explique que la hornblende soit

Faciès « amphibolite » sous-faciès « almandin-diopside-hornblende »

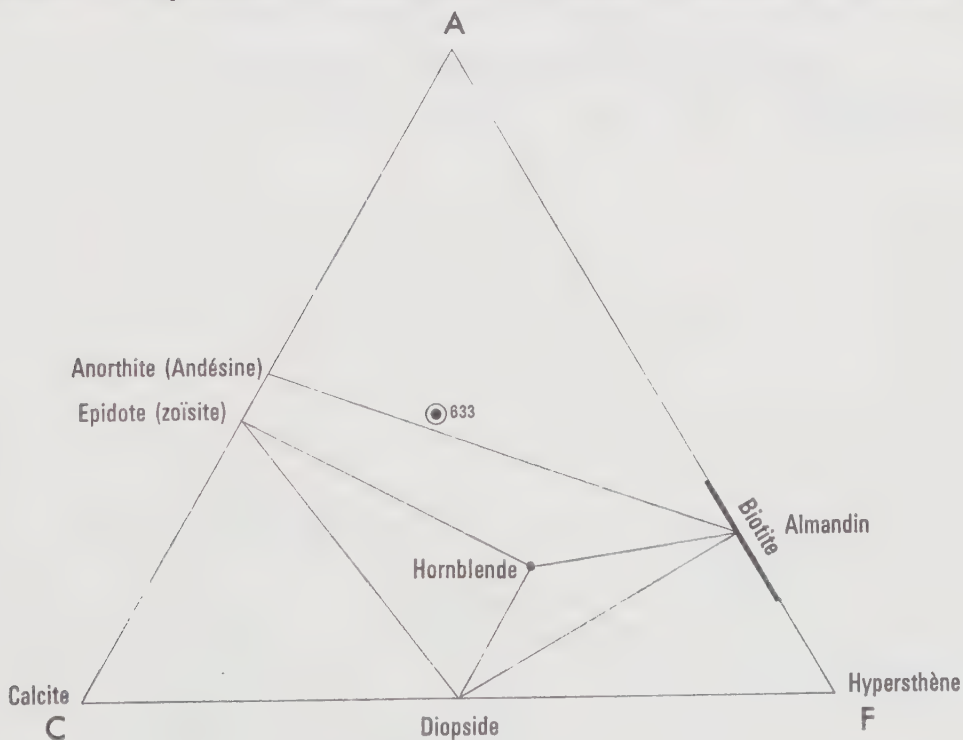


Fig. : 24

1. Dans ce sous-faciès, on observe la biotite lorsque le potassium est en quantité suffisante, l'hypersthène ou l'almandin lorsque K est déficitaire.

rare. Les observations de F. J. TURNER à Doubtful Sound (Nouvelle-Zélande) ne lui ont pas permis de déterminer le minéral correspondant au sommet A (sillimanite, disthène, andalousite?), mais il est bien évident que, dans le cas qui nous intéresse, la séricite (qui est présente en petite quantité dans la lame mince) est en déséquilibre. A part la séricite, tous les autres minéraux sont en équilibre (la présence de sphène est normale). Nous pouvons donc supposer que la séricite provient d'une légère rétro-morphose.

Au point de vue zonéographique, la roche se situe dans la zone des gneiss supérieurs.

Les gneiss à grenat et épidote de l'Ouest de Bamga et le gneiss à hornblende verte et biotite de Gomnougoubé (Nord de Pem) peuvent, bien qu'ayant une paragenèse moins complète, se rattacher au même groupe.

b) *Gneiss à hornblende et épidote.*

Le gneiss provenant de l'Ouest de Koury (n° 780) est composé de :

quartz	hornblende verte	sphène
oligoclase acide	épidote, zoïsité rares	minéral

Cette association peut appartenir aux faciès « amphibolite » ou « amphibolite à albite-épidote ». La roche, un peu plus calcique que les précédents, se range dans la zone des micaschistes inférieurs.

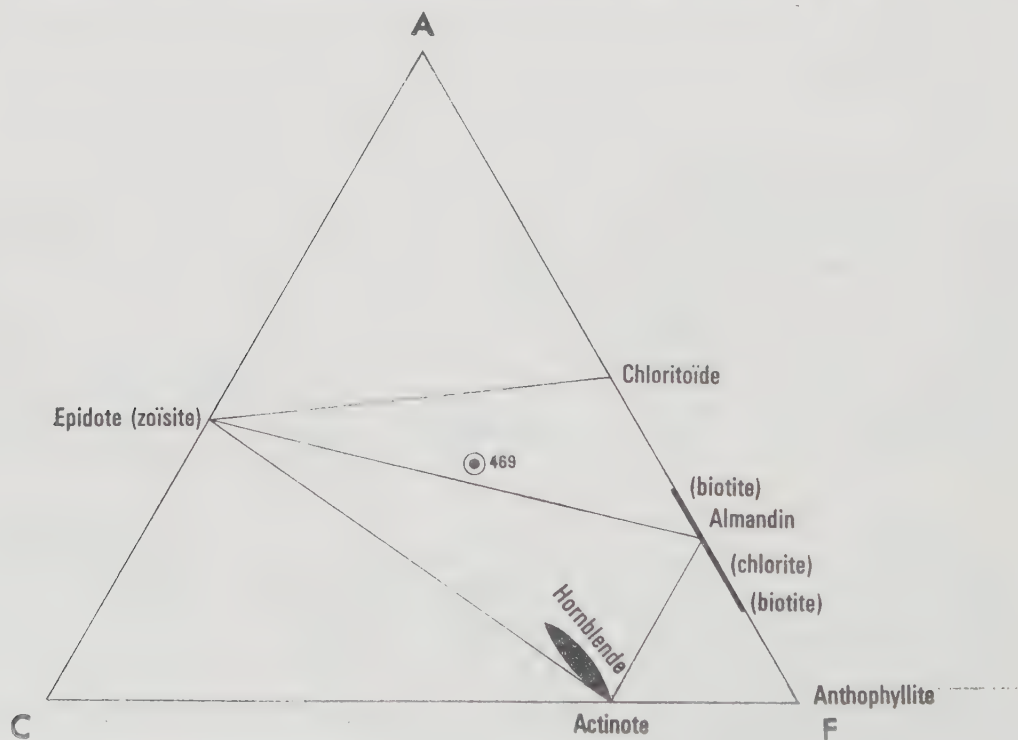
c) *Gneiss à épidote.*

Le gneiss de Gargo (n° 469) contenant épidote, chlorite et oligoclase, se range facilement dans le faciès « amphibolite à albite-épidote », sous-faciès « chloritoïde-almandin », ainsi que le montre la mise en place de ses paramètres A, C, F, dans le diagramme triangulaire (fig. 25).

Faciès "amphibolite à albite-épidote"

sous-faciès chloritoïde-almandin.

Diagramme ACF pour les roches avec excès de SiO_2 et défaut de K_2O



F.J. TURNER (1948) fait cependant remarquer que dans ce faciès, l'almandin est plus fréquent que la chlorite. Il est possible, d'ailleurs, que la roche ait appartenu autrefois au faciès « amphibolite » et ait été rétrotransformée : le plagioclase est, en effet, l'oligoclase séricitisé et non l'albite.

Cette roche appartient à la zone des micaschistes inférieurs.

Le gneiss provenant du Sud de Bamga (n° 460) n'a pas été analysé mais sa composition est assez voisine; il contient du microcline et son oligoclase est limpide. Je pense pouvoir le ranger dans le faciès « amphibolite » et dans la zone des gneiss supérieurs; on remarque toutefois l'absence de grenats et de hornblende.

La composition minéralogique du gneiss n° 437 (Calio-Taparko) correspond au faciès schiste vert, sous-faciès « muscovite-chlorite » et à la zone des micaschistes supérieurs. La calcite, quoique secondaire, est en équilibre (fig. 26).

d) *Gneiss à biotite, chlorite et muscovite.*

Deux de ces roches, prélevées l'une entre Billie et Koury (massif de Bamga), l'autre au Sud de Calio, ont des paragenèses correspondant au faciès « schiste vert », sous-faciès « biotite-chlorite » et se rangent à la limite des micaschistes supérieurs et inférieurs.

Faciès "schiste-vert" sous-faciès "muscovite-chlorite"

Diagramme ACF pour les roches avec excès de SiO_2 et de CO_2

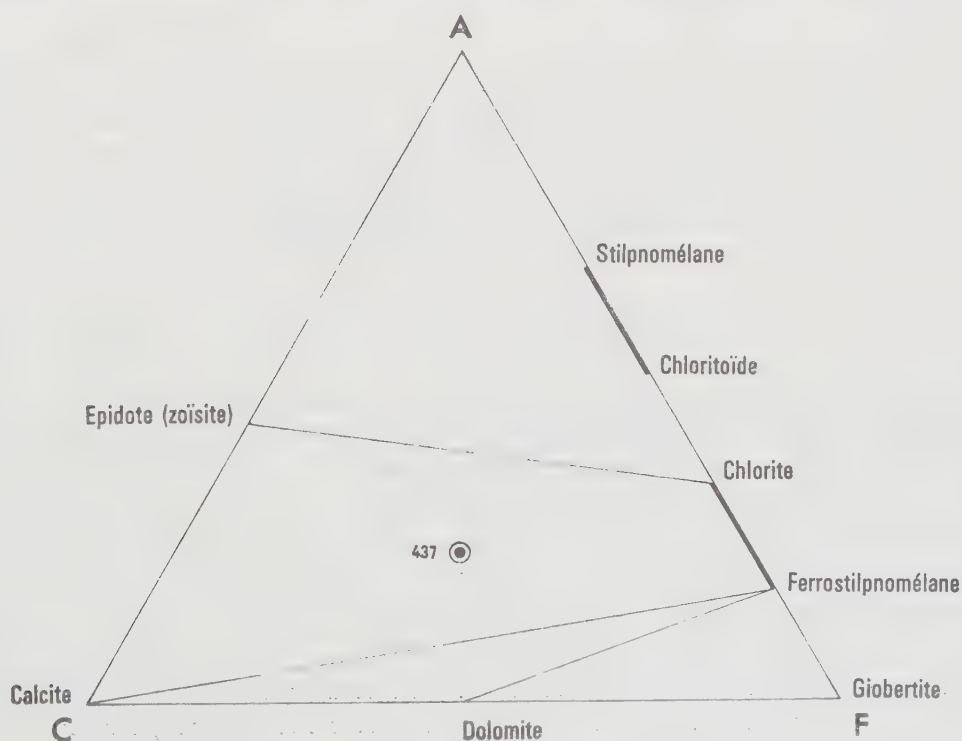


Fig. : 26

Conclusion.

A l'exception d'un seul échantillon (Billie-Koury), les gneiss provenant du massif de Bamga et de Gomnougoubé appartiennent à des *faciès métamorphiques assez profonds* : « amphibolite » ou « amphibolite à albite-épidote ». Les gneiss de la région Ouanga-Taparko appartiennent au faciès « schiste vert », cependant que, plus au Sud, le gneiss de Gargo appartient au faciès « amphibolite à albite-épidote ».

Malgré la discontinuité des affleurements et le petit nombre des échantillons recueillis, nous voyons ainsi s'ébaucher une certaine zonéographie dans la série de Bamga.

III. SÉRIES DE TOURCOINGBAM ET DE L'ODALAN ORIENTAL

La position zonéographique de ces grès-quartzites très légèrement sériciteux ne pose pas de problème : ils sont situés dans la *zone des micaschistes supérieurs* correspondant au faciès « schiste vert ».

IV. GROUPE DE DACOLA

Pour la commodité de l'exposé, nous divisons le groupe en deux ensembles : *roches à actinote* et *roches à hornblende verte*.

a) *Roches à actinote.*

Nous possédons six analyses de roches (voir pp. 210 à 214) n° 379 (gabbro métamorphisé); n° 614 (labradorite métamorphisée); n° 386 et 420 (épidotites à amphibole); n° 527 (schiste vert); n° 260 (amphiboloschiste à épidote).

Les points représentatifs de cinq d'entre elles sont bien groupés sur le diagramme A, C, F (fig. 27) : l'association observée (épidote, zoïsite, chlorite, ouralite-actinote) est en équilibre dans le *faciès « schiste vert »*; seule la roche n° 379 est assez riche en potassium pour que la biotite apparaisse à côté de la chlorite. Dans cette même roche, les reliquats d'augite intacte et de plagioclase incomplètement saussuritisé sont évidemment en déséquilibre : *le métamorphisme est resté inachevé*, soit par suite de l'insuffisance des conditions physiques (profondeur, température, pression), soit parce qu'il n'a pas eu assez de temps à sa disposition.

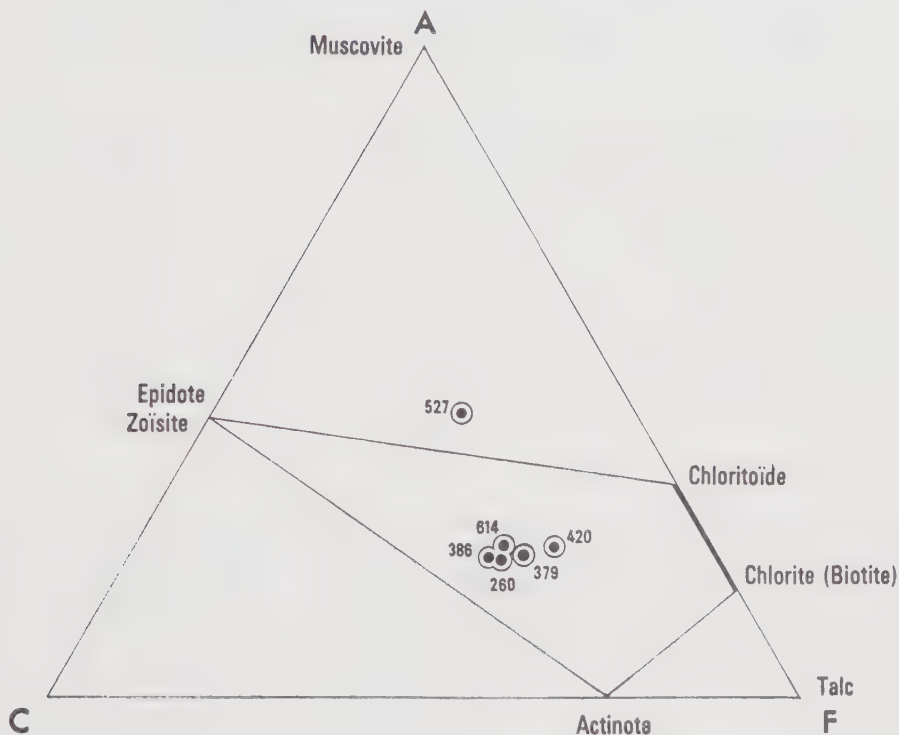
De nombreuses autres roches du groupe de Dacola comportent des associations minérales stables dans le faciès « schiste vert » : diorites quartziques, diorites, gabbros quartziques, gabbros, microdiorites quartziques, microdiorites, microgabbros, dolérites et gabbros ophitiques, dacites, andésites, labradorites, épidotites, quartzites à épidote ou à zoïsite, schistes à séricite et à zoïsite, chloritoschistes à albite et zoïsite, chloritoschistes à épidote, épidotites à amphibole, amphiboloschistes, roches à trémolite. Rappelons que ces roches constituent la plus grande partie du groupe de Dacola, les roches à hornblende étant beaucoup plus rares.

La *séricite*, lorsqu'elle est présente, est, le plus souvent, localisée parmi les produits de la saussuritisation des plagioclases. Elle est en *déséquilibre*.

Le potassium ne provient pas nécessairement d'une métosomatose : il pouvait en exister à l'origine une petite quantité dans le plagioclase (voir p. 194).

On doit faire une place à part à la roche n° 527 qui, sur le diagramme A, C, F, se sépare nettement des autres. On y observe la *présence simultanée de séricite et d'actinote*, ce qui est contraire aux schémas de P. ESKOLA (1946) et de F. J. TURNER (1948) : d'après ces auteurs, les cas de *déséquilibre* sont fréquents dans le faciès schiste vert. Normalement, d'après la position du point 527, on devrait

Faciès schiste-vert



N.B. En présence de K_2O , la chlorite est remplacée, partiellement ou totalement, par la biotite; en présence de CO_2 , l'actinote est remplacée, partiellement ou totalement, par la calcite.

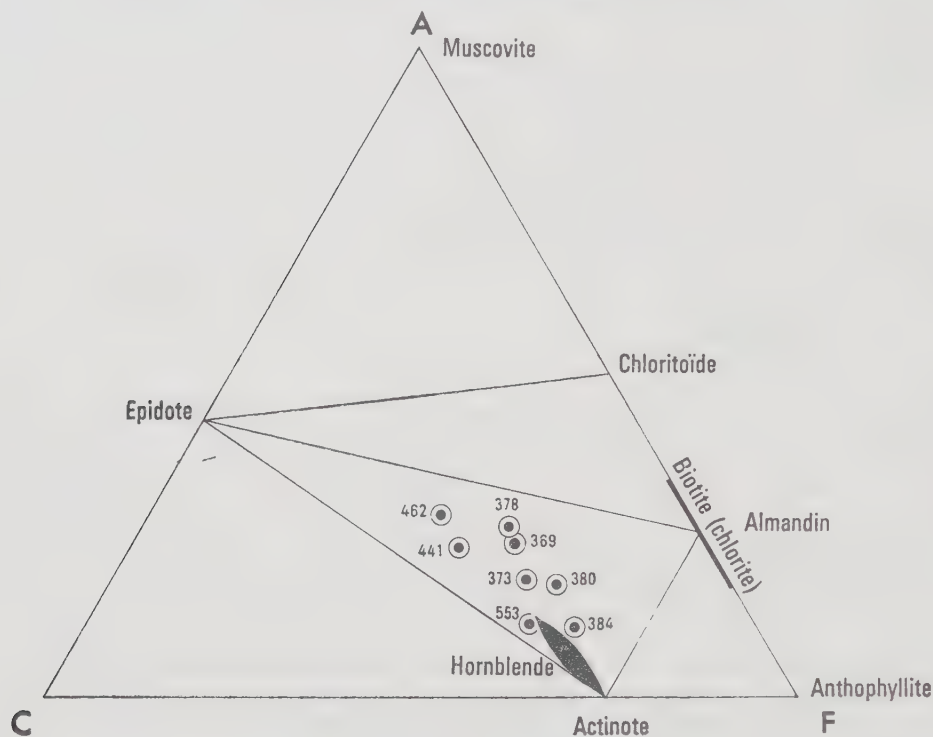
Fig. : 27

observer l'association épidote (zoïsité) — chlorite; le remplacement partiel de cette association par l'association séricite-actinote peut être expliqué en supposant qu'un métamorphisme inachevé a affecté deux minéraux différents : la séricite pourrait provenir : d'un feldspath (orthose, microcline) ou d'une argile (illite, kaolinite); l'actinote pourrait provenir d'un pyroxène, d'une hornblende, de la dolomite, ou d'une argile magnésienne (montmorillonite) associée à la calcite.

Remarquons que, si le schiste vert n° 527 est exceptionnel parmi les roches que nous avons analysées, il n'est pas exceptionnel dans le groupe de Dacola : la plupart des quartzites à épidote ou à zoïsité, des schistes à séricite et à zoïsité, des chloritoschistes à albite et à zoïsité, des chloritoschistes à épidote (et, ou) actinote ont des compositions minéralogiques telles que, sur un diagramme A, C, F, elles se sépareraient probablement nettement de l'amas formé par les points n° 260, 379, 386, 420 et 614. Comme nous le verrons plus loin (p. 124), la plupart de ces roches ont une origine (para-métamorphique) différente de celle des *roches vertes*.

Faciès "amphibolite à albite-épidote" sous-faciès chloritoïde-almandin.

Diagramme ACF pour les roches avec excès de silice



N.B. En présence de K_2O , la chlorite et l'almandin peuvent être remplacés en partie ou en totalité par la biotite.

Fig. : 28

b) Roches à hornblende verte.

Nous disposons de huit analyses de roches : n° 380 (gabbro métamorphisé), n° 553 (hornblende), n° 369, 373, 384, 441, 462 (amphibolites plagioclasiques). La présence de hornblende excluant le faciès *schiste vert*, nous constatons que les points représentatifs des paramètres A, C, F, sont groupés dans le triangle « épidote — hornblende — almandin » (fig. 28) du faciès *amphibolite à albite-épidote* (sous-faciès « chloritoïde-almandin ») (1). Selon F.J. TURNER (1948) (2), l'almandin peut être remplacé par la chlorite dans les roches magnésiennes (3) (c'est le cas de l'amphibolite 462), ou par la biotite lorsque le potassium est en quantité suffisante (c'est le cas des amphibolites n° 369

1. J'utilise ici la nomenclature de F.J. TURNER (1948). D'après W.S. FYFE, F. J. TURNER et J. VERHOOGEN (1958), l'ancien faciès *amphibolite à albite-épidote* est devenu un sous-faciès « quartz-albite-almandin » du faciès *schiste vert*.

2. *Op. cit.*, traduction française, p. 101.

3. En effet la chlorite est un minéral plutôt magnésien, l'almandin est au contraire plus ferreux !

et 373). Toutefois nous n'observons pas de chlorite dans la roche n° 441, bien que Mg y soit abondant; nous n'observons pas de biotite dans la roche n° 384, bien que Mg et K y soient tous deux abondants. Et surtout, *nous n'avons jamais observé l'almandin*, non seulement dans les huit roches qui ont été analysées, mais également dans une quarantaine de lames minces de roches du même groupe.

J'en conclus que les amphibolites plagioclasiques de la série de Dacola ne présentent pas une paragenèse typique du faciès « amphibolite à albite-épidote » (sous-faciès « chloritoïde-almandin »). Il existe dans le faciès « amphibolite » un triangle anorthite (ou épidote) — hornblende — almandin, mais la présence de l'almandin (ou de la biotite) est encore plus impérative que dans le faciès précédent. Ce n'est donc pas de ce côté qu'il faut chercher la solution. Par contre, dans le faciès « amphibolite à albite-épidote », il existe un sous-faciès « cornéenne à actinote-épidote », comprenant l'association épidote-chlorite (biotite) — actinote, à l'exclusion de la hornblende et du grenat. Il semble que la paragenèse des amphibolites plagioclasiques de la série de Dacola est intermédiaire entre ces deux sous-faciès, ce qui peut s'expliquer en supposant que *leur genèse est due en partie au métamorphisme régional, en partie au métamorphisme de contact*.

Conclusion.

Les roches de la série de Dacola sont affectées par un métamorphisme régional correspondant en général au faciès « schiste vert » (soit, approximativement, la zone des micaschistes supérieurs cependant, les roches contenant de la hornblende et, quelquefois, de la biotite et de l'oligo-andésine limpide de néoformation, peuvent être interprétées comme résultant partiellement du métamorphisme de contact. On constate en effet que les amphibolites, les amphibolites plagioclasiques et les *hornblendites* ne constituent pas, en général, de grands massifs : on les trouve, le plus souvent, en petits affleurements isolés au voisinage du granite, ou en enclaves dans le granite.

Origine et histoire des roches métamorphiques

La question de l'origine des roches métamorphiques est une de celles qui, traditionnellement, préoccupent le plus les pétrographes spécialisés dans leur étude. Depuis que ROSENBUSCH a proposé de caractériser les schistes cristallins dérivés d'une roche éruptive par le préfixe *ortho*, ceux dérivant d'une roche sédimentaire par le préfixe *para*, il est devenu difficile de parler d'un gneiss ou d'une amphibolite sans préciser son origine. Effectivement, si l'on admet qu'il y a une grosse différence entre un basalte et un calcaire, on conçoit que la distinction entre ortho- et para-amphibolite pourra présenter quelque intérêt. Il n'en sera pas de même pour un tuf, roche pour laquelle on emploie couramment le qualificatif « volcano-sédimentaire ». En effet, si l'on décide de nommer « ortho-métamorphiques » les roches provenant de tufs et « paramétamorphiques » les roches provenant de schistes, que devra-t-on dire des schistes tufacés ? Si, par contre, l'on décide de qualifier de « para-métamorphiques » les roches provenant de tufs, je ne vois pas comment on pourrait faire une distinction dans les amphiboloschistes entre ceux qui proviennent d'andésites et ceux qui proviennent de tufs andésitiques.

Nous voyons ainsi que, dans certains cas, la distinction ortho-para n'a pas de sens. Plusieurs auteurs, dont G. ROCCI (1955) ont d'ailleurs renoncé à utiliser cette distinction pour l'établissement de la carte géologique.

En ce qui concerne les roches métamorphiques de Haute-Volta, nous nous efforcerons de

déterminer l'origine chaque fois que ce sera possible, mais ce critère n'a pas été utilisé pour la définition des grandes séries.

Méthodes employées

A. OBSERVATIONS DE TERRAIN

Par suite de la discontinuité des affleurements, les observations de terrain ne suffisent généralement pas à déterminer l'origine d'une roche métamorphique. Lorsque la roche douteuse est interstratifiée dans une importante formation de roches para-métamorphiques, on peut supposer qu'elle a la même origine, mais ce n'est pas évident : elle peut aussi être une ancienne roche éruptive, intrusive dans les formations sédimentaires, et qui a été métamorphisée avec elles. Pour pouvoir conclure à l'origine paramétamorphique de la roche douteuse, il faudrait observer sur le terrain un passage latéral entre celle-ci et une roche para-métamorphique certaine. Je n'en ai jamais observé.

B. OBSERVATIONS FAITES AU MICROSCOPE

Texture.

L'examen de la texture n'est pas décisif : en effet, la texture actuelle dépend plus de la façon dont s'est exercé le métamorphisme que de la nature originelle de la roche. Cependant, assez souvent, l'ancienne texture d'une roche éruptive est encore visible (en particulier la texture ophitique), et l'on peut conclure à l'origine ortho-métamorphique de la roche (c'est le cas de toutes les roches que nous avons nommées « diorites, gabbros, labradorites, etc. métamorphisés » dans le groupe de Dacola). La présence de « fantômes » de feldspaths est aussi un bon argument en faveur d'une origine ortho-métamorphique (mais il n'est pas décisif). Par contre, il est bien évident que lorsque la texture primitive n'est plus visible, on ne peut rien conclure quant à l'origine de la roche.

Composition minéralogique.

L'étude de la composition minéralogique de la roche est plus intéressante. En effet, connaissant les minéraux actuels de la roche, on peut, grâce aux ouvrages classiques sur le métamorphisme (1), rechercher quels devaient être les minéraux originels, donc, en tenant compte de l'apport possible, connaître la composition minéralogique, et, par suite, la nature de la roche originelle. C'est le procédé que j'ai le plus fréquemment employé, il y a cependant des cas douteux.

C. ANALYSE CHIMIQUE

L'analyse chimique globale de la roche ne peut pas fournir une réponse dans tous les cas. Aussi, il conviendra de ne s'adresser à elle que lorsque les autres méthodes auront été insuffisantes.

En présence de l'analyse chimique d'une roche métamorphique d'origine douteuse, on pourra tout d'abord essayer de calculer la *composition virtuelle* ou « norme » C I P W. Cette norme ayant été prévue pour des roches éruptives, il est bien évident que si l'on ne peut pas la former, ou si l'on ne peut la former qu'en faisant appel à des minéraux virtuels autres que ceux qui sont prévus par les règles de C I P W, la roche n'a pas la composition d'une roche éruptive typique : c'est soit une roche sédimentaire, soit une roche cristalline ayant subi d'importantes modifications ultérieures.

1. En particulier A. HARKER (1932) : *Métamorphism*. La dernière édition (révisée) est de 1952.

Cependant, ce cas extrême ne se présente que rarement : la plupart du temps, même avec une roche sédimentaire, on peut constituer une « norme ». L'examen attentif de cette norme peut faire apparaître une composition qui serait aberrante pour une roche éruptive.

L'examen attentif des paramètres de Niggli permet aussi, lorsqu'ils sont aberrants, de dire que la roche étudiée n'est probablement pas d'origine éruptive ; mais la réciproque n'est pas vraie : une roche sédimentaire peut, fortuitement, avoir la même composition chimique globale qu'une roche éruptive.

Plusieurs auteurs ont donné des méthodes mathématiques ou géométriques pour la recherche de l'origine des roches métamorphiques mais elles ne s'appliquent qu'à un groupe de roches : les critères de E.S. BASTIN (1909) concernent les gneiss alumineux, les diagrammes d'OSANN (1922) sont relatifs aux roches basiques, les critères statistiques de P. LAPADU-HARGUES (1952, 1953 et 1958) ne s'appliquent qu'aux amphibolites. La plupart de ces méthodes ont été vivement critiquées, bien que les auteurs aient généralement pris soin de préciser que leurs méthodes avaient une valeur statistique mais ne pouvaient prétendre résoudre le problème dans tous les cas particuliers.

Groupe de Riziam

Utilisant à présent les trois méthodes ci-dessus mentionnées, nous allons passer en revue les roches des différentes séries en essayant de déterminer leur origine.

A. ROCHES PARA-MÉTAMORPHIQUES

Nous pouvons, sans hésitation, ranger parmi les roches para-métamorphiques, les divers types de *quartzites* (blancs ou à minéral, à séricite ou à chlorite) : tous contiennent une notable proportion de quartz, à l'exclusion de tout feldspath, ce qui est incompatible avec une origine éruptive ; ils dérivent de grès plus ou moins impurs (renfermant des oxydes de fer ou des argiles).

Les *séricitoschistes*, *chloritoschistes*, et les *schistes à séricite et chlorite* ont également une origine sédimentaire : ils ne contiennent aucun feldspath ni aucun minéral pouvant provenir d'un feldspath : ils dérivent d'argiles plus ou moins pures (probablement illitiques dans le cas de la séricite, et montmorillonitiques dans le cas de la chlorite). L'analyse d'un séricitoschiste (n° 542, p. 194) fait ressortir 12,25 % de corindon virtuel dans la norme, ce qui confirme l'origine sédimentaire de cette roche ; par ailleurs le rapport $\frac{\text{Al}}{\text{K}}$ (en nombre d'atomes) est égal à 3,45 pour l'ensemble de la roche, nombre peu différent du minimum de l'illite ($3,67 \leq \frac{\text{Al}}{\text{K}} \leq 5$) : la roche peut donc provenir d'une argile (gréseuse) assez pure, et il n'est pas nécessaire de supposer une métasomatose.

Les *quartzites* et les *micaschistes à biotite* ont également une origine très probablement sédimentaire (grès argileux et argiles) : ces roches exceptionnelles sont souvent associées sur le terrain à des séricitoschistes et des chloritoschistes ; elles ne contiennent pas de feldspaths ; enfin l'analyse du micaschiste de Quidemain (n° 266, p. 89) fait apparaître plusieurs caractères qui seraient anormaux dans une roche « éruptive » :

- corindon virtuel supérieur à 8 %,
- minéral supérieur au triple du pyroxène virtuel,
- rapport $\frac{\text{or hose}}{\text{plagioclase}}$ supérieur à 5,
- quartz supérieur au total des feldspaths virtuels, etc.

Nous avons supposé plus haut (p. 110) que les *schistes argileux* étaient une forme d'altération superficielle de schistes à illite et chlorite, de séricitoschistes ou de schistes verts. Hormis le cas de ces derniers (qui est douteux) ils sont donc paramétamorphiques. La prépondérance de l'illite dans leur constitution fait penser à un dépôt en milieu marin (1).

Les *schistes graphiteux* ont une composition analogue aux précédents et je leur attribue la même origine. Comme ils sont très peu métamorphiques et que, d'autre part, ils sont associés à des schistes tufacés et à des roches volcaniques, je pense que la présence du graphite est due plutôt à des émanations volcaniques qu'au métamorphisme d'hydrocarbures.

B. ROCHES MÉTAMORPHIQUES D'ORIGINE DOUTEUSE

Il est parfois difficile de dire si une roche est une *arkose* métamorphisée ou un *microgranite*. La composition minéralogique étant à peu près la même, l'examen de la structure et l'étude du contexte géologique permettent seuls de faire la distinction. En outre, les arkoses sont, en général, plus riches en quartz. C'est ainsi qu'ont été déterminées les rares arkoses qui ont été indiquées sur la carte. Ce faciès est, en effet, beaucoup moins fréquent qu'en Côte-d'Ivoire ou au Ghana.

Les *schistes et quartzites manganésifères* sont assez peu différents des schistes et quartzites ordinaires, et l'on pourrait songer *a priori* à leur attribuer une origine para-métamorphique. Un métamorphisme très léger a pu transformer en spessartine une partie des oxydes de manganèse, mais ceci ne nous explique pas l'origine de ceux-ci. J. AVIAS (1954) émet, à propos des gisements de manganèse de Nouvelle-Calédonie, une hypothèse assez séduisante : « concurremment aux phénomènes de concentration métagénétique, certains gisements métallifères expliqués d'une manière classique par la venue de magmas ou de leurs exhalaisons, sont peut-être liés, dans une proportion plus grande qu'on ne l'imagine d'ordinaire, à la concentration biochimique par certains organismes (vanadium par les Ascidies, iode par certains Laminaires, etc.) et surtout par certains micro-organismes ». Pour le manganèse, l'auteur pense à des Radiolaires, des Algues, ou autres organismes (présence de jaspes).

Cette hypothèse sédimentaire permettrait d'expliquer la présence, en Côte-d'Ivoire et au Ghana, d'un *horizon manganésifère*. Par contre, en Nouvelle-Calédonie même, elle a été critiquée par P. ROUTHIER (1954). Celui-ci fait remarquer qu'on n'a pas démontré la présence de radiolarites, d'algues ou de bactéries dans le minerai. Pour lui, le manganèse néo-calédonien est essentiellement d'origine volcano-sédimentaire.

Les deux hypothèses me semblent aussi valables l'une que l'autre pour la Haute-Volta — Je n'ai malheureusement pas eu le loisir d'approfondir la question.

Mais le problème d'origine le plus important est celui des *calco-chloritoschistes*. Les géologues anglais du Ghana classent parmi les « roches vertes » du « Birrimien supérieur » des calcochloritoschistes de composition très proche de ceux que nous avons observés en Haute-Volta. Les arguments, assez peu développés dans la littérature, semblent être les suivants :

- 1° Les calco-chloritoschistes sont associés, sur le terrain, aux autres « roches vertes » ;

1. Selon Ju. O. RUS'KO (1957), « les formations argileuses du Jurassique inférieur et moyen de ces régions se divisent en deux groupes de faciès ; continental et marin. Les formations du premier groupe se composent de kaolinite prédominante et d'hydromica (illite, et, en moindre proportion, hydromuscovite). Les formations marines sont constituées par de l'hydromica (illite), et, en moindre proportion, par de la kaolinite en rapport, probablement, avec le milieu de sédimentation faiblement alcalin et les conditions réductrices ».

Un fait analogue a déjà été signalé en France par G. MILLOT (1949).

2° Mise à part la présence de CO_2 , la composition chimique globale est très voisine; par exemple les paramètres A, C, F, d'un calco-chloritoschiste placent cette roche dans la même région du diagramme que les amphibolites et les schistes amphiboliques.

Les géologues français de Côte-d'Ivoire, en particulier L. BODIN (1951) et D. SOULÉ de LAFONT (1955), acceptent l'idée de leurs collègues britanniques sans apporter d'argument nouveau.

Je ne discuterai pas l'argument de terrain car je n'ai pas eu l'occasion d'aller observer ces formations au Ghana ou en Côte-d'Ivoire, mais, à mon avis, l'argument chimique ne vaut pas grand'chose puisqu'il existe de nombreux exemples de convergence entre les roches ortho- et para-métamorphiques (ortho-gneiss et para-gneiss; ortho-amphibolites et para-amphibolites, etc.).

Je pense, au contraire, que les *calco-chloritoschistes* du groupe de Riziam ont une origine *para-métamorphique*, pour les raisons suivantes :

1° Sur le terrain, ils sont constamment associés aux schistes beiges; en un seul endroit (au Sud-Ouest de Taghalla), le calcochloritoschiste est voisin d'une ortho-amphibolite, mais on ne voit pas quelles sont leurs relations et, d'ailleurs, tous deux sont inclus dans une formation schisteuse;

2° Les feldspaths sont rares ou absents;

3° La dolomite est présente en quantité notable dans l'un des échantillons étudiés. Ce minéral peut, il est vrai, avoir exceptionnellement une origine ortho-métamorphique on peut l'observer dans des serpentinites provenant du métamorphisme de roches ultra-basiques : (péridotites), mais elle n'y est présente qu'en petite quantité, et, en outre, dans ce cas, on peut penser qu'il n'y a pas de quartz dans la roche;

4° Le calcul de la composition virtuelle n'est pas possible, ou bien il aboutit à des résultats absurdes.

Je pense donc que les carbonates que nous observons actuellement sont des minéraux primaires; la sérécite provient du métamorphisme de l'argile; l'épidote et la chlorite correspondent à un métamorphisme partiel du mélange argile + carbonate; ces roches étaient donc probablement des marnes ou des grès marneux magnésiens. Rappelons qu'elles sont exceptionnelles dans le groupe de Riziam.

C. ROCHES ORTHO-MÉTAMORPHIQUES

Je pense pouvoir considérer les *tufs* comme ortho-métamorphiques; par contre, pour les schistes tufacés, les préfixes *ortho* et *para* n'ont pas de sens.

CONCLUSION

Mis à part les tufs et schistes tufacés, le groupe de Riziam est composé de roches *para-métamorphiques* ou présumées telles. Nous avons vu que les *shales* se sont déposés en milieu marin; il en est probablement de même des quartzites et des roches volcano-sédimentaires qui leur sont associés. Par ailleurs, bien que ces sédiments soient plissés, l'alternance schistes-quartzites (où les quartzites sont peu abondants et probablement lenticulaires) n'est pas identique au *flysch* classique caractérisé par la récurrence très régulière de niveaux arénacés et pélitiques.

L'existence d'un *volcanisme ophiolitique* (coulées et tufs) dans les géosynclinaux a été signalée par de nombreux auteurs, depuis plus d'un siècle, en particulier par H. STILLE (1935), F.J. TURNER et

J. VERHOOGEN (1951), etc. Les observations faites dans les formations géosynclinales birrimiennes confirment la généralité de ce phénomène.

Série de Bamga

Ces roches peuvent provenir du métamorphisme de rhyolites aussi bien que d'arkoses. P. MASCLANIS (1955) a observé des quartzites feldspathiques et des leptynites et il attribue à celles-ci une origine para-métamorphique (un apport est visible sous forme de microcline).

Dans la région qui nous intéresse, il n'y a aucune relation visible entre les gneiss de la série de Bamga et les arkoses du groupe de Riziam (dont les plus proches sont situées à 90 km). Le métamorphisme étant assez profond, la texture ne nous donne aucun renseignement quant à l'origine de ces roches. La composition minéralogique actuelle n'est pas non plus caractéristique d'une origine ortho- ou para-métamorphique.

En l'absence d'autres arguments, l'étude de la composition chimique globale des trois roches analysées (n° 437, 469 et 633, pp. 199 et 201) montre que :

1° L'alumine est moins abondante que dans la plupart des roches « éruptives » ; aussi les feldspaths virtuels ne dépassent pas 54 %. Le rapport $\frac{Q}{F}$ varie de 0,75 à 1,08, ce qui correspond à un paramètre q égal à 3 ou 3', peu courant dans les roches « éruptives ».

2° Le rapport $\frac{Or}{Pl}$ est inférieur à $\frac{1}{7}$, ce qui est anormal dans les roches très quartziques (dans les diorites quartziques, le rapport $\frac{Or}{Pl}$ est inférieur à $\frac{1}{7}$, mais le rapport $\frac{Q}{F}$ est nettement inférieur à 0,75, ce qui les distingue de nos gneiss).

3° Toutefois, ces deux premiers arguments ne sont pas décisifs ; par contre, si l'on calcule les paramètres de Niggli de ces trois roches, on constate qu'ils ne correspondent à aucune roche « éruptive » connue. J'attribue donc aux gneiss de Bamga une origine para-métamorphique douteuse.

Séries de Tourcoingbam et de l'Oudalan oriental

L'origine para-métamorphique de ces deux séries composées de grès-quartzites et de conglomérats ne fait aucun doute.

Groupe de Dacola

ROCHES PRÉSENTANT UNE ANCIENNE TEXTURE ENCORE RECONNAISSABLE

La question de l'origine ne se pose pas pour toutes les roches ayant conservé une ancienne structure encore reconnaissable : roches que nous avons appelées « gabbros métamorphisés », « labradorites métamorphisées », etc.

L'origine ortho-métamorphique de ces roches étant indiscutable, nous en profitons pour vérifier les deux critères de P. LAPADU-HARGUES (1952-53 et 1958) applicables aux roches ayant une composition d'amphibolite. En 1952-1953, cet auteur utilisait les pourcentages moléculaires de Fe O, Mg O, et Ca O, à l'exclusion des autres éléments. Le calcul peut être fait rapidement à

partir des pourcentages ioniques des roches n^{os} 379, 380 et 614 que nous donnons pp. 202 et 203 (1). Voici les résultats :

Analyses	N ^o 379	N ^o 380	N ^o 614
Fe O.....	7,0	15,15	8,3
Mg O.....	10,1	9,7	12,6
Ca O.....	8,6	9,7	12,1

En nous reportant aux résultats de P. LAPADU-HARGUES, nous voyons que le gabbro de Gâ (n^o 379) et la labradorite de Koupèla (n^o 614) appartiennent au type calcaro-magnésien, tandis que le gabbro de Delga (n^o 380) appartient au type ferrifère. Il ne nous est donc pas possible d'attribuer une origine para-métamorphique au type calcaro-magnésien : cette méthode, qui a d'ailleurs été critiquée par plusieurs auteurs, n'est pas applicable aux roches basiques de la série de Dacola.

Le nouveau critère proposé en 1958 par le même auteur est d'application plus simple puisqu'il utilise directement le pourcentage pondéral de TiO_2 : de 1 à 2 %, la roche serait orthométamorphique, aux environs de 0,1 % elle serait para-métamorphique, la limite semblant se tenir au chiffre de 0,8 %.

Si nous nous reportons aux analyses précédemment données, les teneurs en TiO_2 sont respectivement :

n^o 379 : 0,80 n^o 380 : 1,50 n^o 614 : 0,70

Deux de ces résultats sont voisins de la limite donnée par P. LAPADU-HARGUES (2). La méthode n'est donc pas contredite, mais elle n'est pas toujours applicable.

ROCHES DONT L'ANCIENNE TEXTURE N'EST PLUS RECONNAISSABLE.

La grande majorité de ces roches doit être considérée comme d'origine ortho-métamorphique. En effet :

1^o Elles constituent, le plus souvent, de grands massifs à l'intérieur desquels elles sont en relation avec des roches ortho-métamorphiques connues.

2^o L'association épidote (et, ou) zoïsite-albite (avec ou sans séricite, quartz et calcite) est typique de roches anciennement feldspathiques, surtout si l'on observe des reliquats de plagioclases incomplètement saussuritisés.

3^o L'existence de tufs (rares) et de schistes tufacés (fréquents), dans le groupe de Riziam, nous incite à rechercher au voisinage les anciennes roches volcaniques qui devaient leur être associées.

Le critère du titane (P. LAPADU-HARGUES) n'a pas pu être appliqué. En effet, sur les onze

1. P. LAPADU-HARGUES néglige TiO_2 , P_2O_5 et H_2O . Il suffit donc de compter Al, Fe''' , Na et K pour une demi-molécule et de recalculer le total à 100.

2. Ceci peut prouver que, statistiquement, les roches métamorphiques ont un pourcentage de TiO_2 voisin de 1.

analyses de roches dont nous disposons, deux seulement ont une teneur en TiO_2 supérieure à 1 % ; ce sont les n° 8 :

386 épidotite à amphibole (Sibylla), et

369 amphibolite plagioclasique (N.-NE. de Santaba);

une seule a une teneur en TiO_2 inférieure à 0,6 %, c'est le n° 441 : amphibolite plagioclasique (entre Holléré et Boulquenga); aucun autre argument ne permet de dire que cet affleurement d'amphibolite isolé dans un massif granitique a une origine para-métamorphique, mais ce n'est pas impossible.

Les huit autres analyses ont des teneurs en TiO_2 comprises entre 0,6 % et 1 % (bornes incluses). Elles tombent donc au voisinage de la limite, 0,8 %, établie par P. LAPADU-HARGUES.

En dernier lieu, le fait qu'à partir de nos onze analyses on puisse calculer une composition virtuelle et des paramètres de Niggli correspondant à des roches « éruptives » basiques, ne constitue absolument pas une preuve de l'origine ortho-métamorphique; il montre seulement que cette origine n'est pas impossible.

Roches para-métamorphiques.

Mise à part l'amphibolite de Kotoulgoum (441) pour laquelle la possibilité d'une origine para-métamorphique n'a été envisagée que grâce au critère du titane, j'attribue une origine sédimentaire :

1° Aux amphibolites ne contenant pas de feldspath (ou très peu); il est impossible d'expliquer à partir d'un gabbro la formation d'une amphibolite contenant 50 % de quartz et 50 % de hornblende verte, comme celle qui affleure à 4 km au Sud de Koudougou;

2° Aux quartzites à épidote ou à zoïsite, aux schistes à séricite et zoïsite, car leur composition minéralogique peut plus facilement s'expliquer à partir de roches sédimentaires que de roches cristallines.

Roches métamorphiques d'origine douteuse.

Ce sont les chloritoschistes à épidote ou à zoïsite, et les schistes verts, pour lesquels la convergence de faciès est le plus marquée. En l'absence d'observations de terrain suffisantes, le problème n'a généralement pas pu être résolu.

CONCLUSION.

A la différence des quatre autres formations étudiées, le groupe de Dacula est composé essentiellement de roches ortho-métamorphiques. Il y a lieu, cependant, d'en exclure quelques para-amphibolites et quelques quartzites ou schistes renfermant épidote ou zoïsite.

Modifications subies par les roches au cours du métamorphisme

Au cours de la partie descriptive nous avons fréquemment parlé de deux phénomènes qui affectent surtout les roches du groupe de Dacula : la saussuritisation et l'ouralitisation; nous allons essayer d'en analyser sommairement le chimisme; nous dirons ensuite quelques mots de la métasomatose vue sous un aspect plus général.

La saussuritisation des plagioclases

Ce phénomène a été étudié récemment par H. de la ROCHE (1957) à Madagascar. Cet auteur, remarquant qu'elle ne s'accompagne d'aucune variation de volume, utilise, pour l'étudier, le mode de calcul proposé par B. BRAJNIKOV (1).

H. DE LA ROCHE présente alors le tableau suivant :

NOMBRE D'ATOMES DE CHAQUE ÉLÉMENT DANS 1 CM³ DE SUBSTANCE

	Plagioclases		Epidotes	
	Albite	Anorthite	Epidote alumineuse	Epidote ferrière
O	0,481 . 10 ²³	0,480 . 10 ²³	0,564 . 10 ²³	0,511 . 10 ²³
Si ⁴⁺	0,180 . 10 ²³	0,120 . 10 ²³	0,130 . 10 ²³	0,132 . 10 ²³
Al ³⁺	0,060 . 10 ²³	0,120 . 10 ²³	0,130 . 10 ²³	0,088 . 10 ²³
Fe ³⁺				0,044 . 10 ²³
Ca ²⁺		0,060 . 10 ²³	0,087 . 10 ²³	0,088 . 10 ²³
Na ⁺	0,060 . 10 ²³			
H ⁺			0,043 . 10 ²³	0,044 . 10 ²³

D'après ce tableau, la transformation à volume constant exige donc un *apport* de O, H (ou OH), de Al (et, ou) Fe^{'''} et quelquefois de Si. Ceci étant posé, l'auteur s'efforce, au moyen de plusieurs pages de calculs, de comprendre le mécanisme ou, tout au moins, le chimisme de la saussuritisation; et il conclut (p. 221) :

1. D'après CLARKE et WASHINGTON, l'élément oxygène constitue 46,59 % de la masse de la lithosphère, sur une profondeur de 16 km; d'après GOLDSCHMIDT, cela correspond à 91,77 % en volume. Les atomes d'oxygène se touchent presque, laissant peu de vides, dont une partie est occupée par des atomes de tous les autres éléments. Dès 1930, Sir W. Lawrence BRAGG a étudié les variations de la concentration en oxygène des diverses espèces minérales. Il a formulé l'hypothèse que les roches de poids spécifiques faible, formées de minéraux à structure lâche, » flottent « en quelque sorte sur les roches à poids spécifique élevé, formées de minéraux à structure compacte.

B. BRAJNIKOV (1945) calcule les teneurs en oxygène d'un centimètre cube de matière (cristal ou roche). Pour plus de cent minéraux étudiés, les chiffres extrêmes vont de $0,322 \times 10^{23}$ (sodalite) à $0,731 \times 10^{23}$ (bromellite Be O) (Quartz : $0,535 \times 10^{23}$). Pour les roches, les inégalités sont en partie compensées : les extrêmes sont $0,379 \times 10^{23}$ (rhyolite) et $0,579 \times 10^{23}$ (pyroxénite). Dans les *roches intrusives*, le nombre d'atomes d'oxygène contenu dans un volume donné est à peu près constant ($0,503 \times 10^{23}$).

Les atomes peuvent diffuser dans les vides de la structure.

Pour T.W. BARTH (1948), au contraire, les teneurs en oxygène sont à peu près constantes; supposant que les atomes O sont stationnaires, il étudie les migrations des autres « ions ».

B. BRAJNIKOV revient sur cette question (1949); il prend comme base de départ la « concentration en oxygène » c'est-à-dire le nombre d'atomes d'oxygènes contenus dans un centimètre cube de substance il définit également la concentration en un élément quelconque Nz, le volume partiel d'un élément, le poids spécifique partiel.

Hypothèse fondamentale, il pose que la structure du réseau cristallin est fonction de la concentration en oxygène (*idée qu'il exprime curieusement sous forme d'une équation mathématique*). Il calcule le vide partiel laissé par la trame O, Si, Al. Ce vide peut être très important.

Il affirme que la migration atomique de l'oxygène est l'apanage de la vie (*ce qui reste à démontrer*).

La constitution cristallogénétique des silicates et, d'une façon générale, l'état de la matière sont fonction de la concentration en oxygène, laquelle dépend de « l'intensité du champ énergétique ». (*De quelle énergie s'agit-il?* Tout n'est pas clair dans les écrits de B. BRAJNIKOV). Au cours de calculs assez longs, il donne comme exemples la transformation hématite-magnétite et la transformation jadéite-albite, et finalement discute la théorie de T.W. BARTH.

« D'une façon très générale, la saussuritisation des plagioclases exige un excès de *calcium* qui sera *fourni par le milieu environnant* »... (p. 222). « L'apparition de minéraux sodiques dans les roches basiques saussuritisées n'implique donc pas obligatoirement une métasomatose sodique »... « La présence du quartz dans les roches basiques saussuritisées sera donc interprétée en fonction de la composition de l'épidote de néoformation. L'association du quartz avec une épidote ferrique implique un apport métasomatique de silicium. Cet apport ne paraît pas obligatoire dans le cas d'une épidote alumineuse ».

Les conclusions de H. DE LA ROCHE ne peuvent pas être appliquées directement aux plagioclases saussuritisés des roches basiques de Haute-Volta. En effet, cet auteur s'est placé dans le cas relativement simple (réalisé à Madagascar) où les minéraux en présence sont au nombre de cinq : quartz, albite, anorthite, épidote alumineuse (ou zoïsite), épidote. En Haute-Volta, le phénomène est plus complexe : outre les minéraux précités, on observe couramment la *séricite* et, plus rarement, la *calcite*. Il y a donc nécessairement *apport de potassium* et éventuellement d'*anion carbonique*. Vu le grand nombre d'éléments, des calculs du genre de ceux qu'a effectués H. DE LA ROCHE seraient ici pratiquement inextricables.

Une étude complète du phénomène de la saussuritisation n'a, à ma connaissance, jamais été faite. Elle serait intéressante mais rencontrerait d'assez nombreuses difficultés :

- 1) La composition du plagioclase originel n'est pas connue avec précision;
- 2) Les éléments sont trop fins pour que l'on puisse les séparer par voie physique et les analyser; on ne peut que les compter à la platine intégratrice;
- 3) Parmi ces éléments, l'épidote a une composition variable.

En l'absence de cette étude, je ne fais que deux remarques :

1) Le plus souvent, l'albite est présente parmi les produits de la saussuritisation; on peut supposer que l'albite originelle du plagioclase est restée intacte; toutefois, dans quelques lames, l'albite est absente; il s'agissait peut-être d'un plagioclase très calcique, mais il est plus vraisemblable de penser que l'albite a été entièrement séricitisée;

2) La *séricite* peut également provenir de l'anorthite, par une réaction du genre :



H. de la ROCHE admet l'apport de H, O (ou OH).

En ce qui concerne K, on peut supposer que le plagioclase primaire des roches basiques en contenait de petites quantités qui se sont ensuite rassemblées pour former la *séricite* : d'après J.-H.-L. VOGT (1926), un oligoclase moyen pourrait contenir jusqu'à 9 % d'orthose; effectivement, on trouve une petite quantité de potasse dans les analyses de gabbros et de basaltes non métamorphisés, même lorsqu'on n'a observé au microscope aucune trace de biotite ni de feldspath potassique, libre, en antiperthite ou en micropegmatite. J'ai vérifié ce fait sur les analyses fournies par :

- le Bulletin n° 15 du Service Géologique de Gold Coast (1947)
- le Bulletin n° 27 du S.G.P.M. de Dakar (1959)
- F. RINNE, L. BERTRAND et J. ORCEL (1959)

et sur les analyses de roches basiques post-birrimiennes données à la fin du présent mémoire

1. La *séricite* est, en réalité, $\text{Si}_3 \text{Al}_3 \text{O}_{10} \text{K}_{(1-\epsilon)} (\text{OH})_{(2+\epsilon)}$ avec ϵ petit.

(n° 413, n° 444 et n° 446, pp. 273 à 277) : dans tous les cas, le rapport $\frac{Or}{F} (1)$ est inférieur à 0,10, même lorsque le plagioclase virtuel est nettement différent d'un « oligoclase moyen » (2).

Cette hypothèse permet d'expliquer, sans faire appel à un apport de potassium, la formation de séricite dans les roches n°s 614, 386, 420 et 260 où le rapport $\frac{Or}{F} (1)$ est inférieur à 0,05.

Par contre, dans les roches n° 379 $\left(\frac{Or}{F} = 0,126\right)$ et 384 $\left(\frac{Or}{F} = 0,41\right)$, il n'y a ni biotite ni feldspath potassique exprimé; la séricite est le seul minéral potassique observé et le rapport $\frac{Or}{F}$ est assez grand pour que nous soyons obligés d'admettre, au moins dans certains cas, l'apport de potassium.

Cet apport, figuré ici sous forme moléculaire KOH, a vraisemblablement circulé sous forme d'ions à travers le réseau cristallin du plagioclase; en effet, quelle que soit l'orientation de la lame mince, on constate que les produits de la saussuritisation se présentent en inclusions dans le plagioclase et non autour des cristaux, comme ce serait le cas si l'apport s'était manifesté sous forme de solution circulant dans les vides intergranulaires (3).

Ouralitisation des pyroxènes

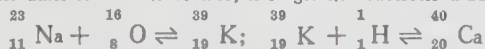
Les pyroxènes des roches basiques de Haute-Volta sont l'augite, le diallage et le pigeonite; l'ouralitisation consiste en un remplacement partiel ou total du pyroxène par une variété d'actinote vert-jaune pâle, l'ouralite.

Pour tenter de comprendre le chimisme de cette transformation, il nous faut connaître la composition du pyroxène initial. Reprenant, en les schématisant, les études de plusieurs minéralogistes étrangers dont H. STRUNZ (1941), WINCHELL (1943) et E.-S. DANA (1932), P. LAPADU-HARGUES (1954) présente, avec une approximation suffisante pour l'étude que nous faisons, la composition des pyroxènes du groupe de l'augite, de la manière suivante : le diallage est un mélange en proportions variables de diopside $(SiO_3)_2CaMg$ et d'hédenbergite $(SiO_3)_2CaFe$; la pigeonite est un mélange de diallage avec $(SiO_3)_2Mg_2$ (clino-enstatite) en grande quantité; enfin, l'augite est un mélange de diallage $(SiO_3)_2Mg_2$ en quantité moins importante, et, en outre, un peu de $SiO_3(Mg, Fe'')$ est remplacé par $(Al, Fe''')_2O_3$ (fig. 29). Les compositions données par L. BERTRAND et M. ROUBAULT (1936) : $CaO, 2(Mg, Fe)O, (Al, Fe)_2O_3, 3SiO_2$, et par G. ROCCI (1957) (4) :

1. Orthose et feldspath total virtuels.

2. Par contre, pour une raison que j'ignore, les analyses de *dolérites* font souvent apparaître une quantité d'orthose virtuel supérieure à celle des gabbros; toutefois, il est possible, même si les auteurs ne l'ont pas signalé, que ces roches contiennent une petite quantité de micropegmatite de quartz et de feldspath potassique.

3. Ce raisonnement est fait en admettant l'hypothèse de LAVOISIER sur la stabilité des éléments chimiques; il semble que, d'après des études récentes (en particulier, L. KERVRAN, 1960), des transmutations d'éléments légers (tels que Na, K, Ca, Mg) se produisent dans le monde vivant; il s'agit de réactions d'addition avec O et H, par exemple :



Il n'est nullement prouvé que de telles réactions ont pu jouer dans le monde minéral, dans les conditions thermodynamiques qui régnaient lors du métamorphisme; mais, si cela était, tous les calculs d'apport et de départ concernant la métagénèse devraient être repensés.

4. *Op. cit.* p. 138.

Pyroxènes monocliniques

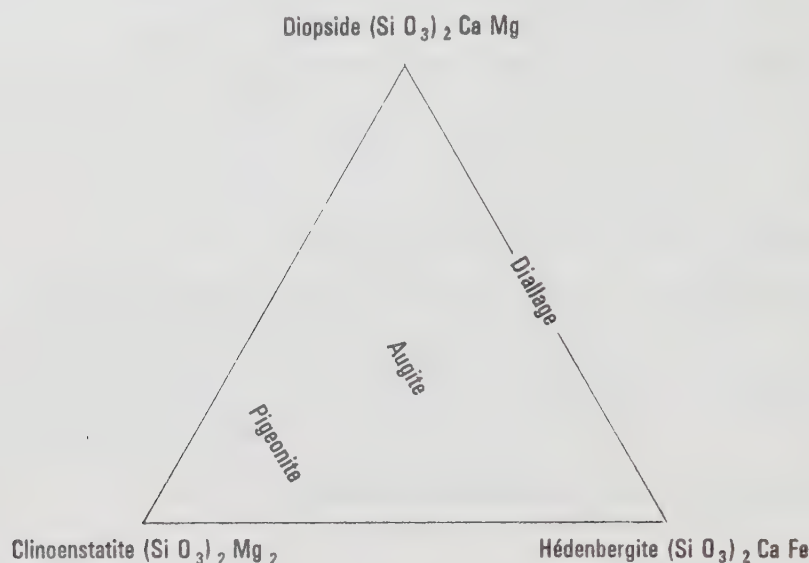


Fig. : 29

$\text{Ca}_{3,2}(\text{Mg}, \text{Fe})_4\text{Al}_3\text{Si}_{7,2}\text{O}_{26,1}$ sont des cas moyens pouvant être facilement réduits au schéma ci-dessus. D'une façon générale, le mélange de m diopside + n hédénbergite + p clino-enstatite, avec $(x + y)$ $\text{SiO}_3(\text{Mg}, \text{Fe})$ remplacés par x Al_2O_3 et y Fe_2O_3 (x et y étant petits par rapport à m , n et p) a pour composition :

$$[2(m + n + p) - (x + y)] \text{Si} + 2x \text{Al} + 2y \text{Fe}''' + (m + n) \text{Ca} + [m + 2p - (x + y)] \text{Mg} + n \text{Fe}'' + 6(m + n + p) \text{O}$$

On peut supprimer un paramètre en posant $m + n + p = 4$ et en groupant Mg et Fe'' :
 Augite : $[8 - (x + y)] \text{Si} + 2x \text{Al} + 2y \text{Fe}''' + (4 - p) \text{Ca} + [4 + p - (x + y)] (\text{Mg} + \text{Fe}'') + 24 \text{O}$

Par ailleurs, la formule (1) de l'actinote $(\text{Mg}, \text{Fe}')_5\text{Ca}_2[\text{OH}/\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ peut se mettre sous la forme :

$$8 \text{Si} + 2 \text{Ca} + 5 (\text{Mg} + \text{Fe}') + 22 \text{O} + 2 (\text{OH})$$

La comparaison de ces deux formules montre immédiatement que la transformation de l'augite en actinote nécessite un faible apport de Si, un départ de Al et de Fe''' et, en général, un départ de Ca, cependant qu'une partie de l'oxygène fait place à OH. Bien que les paramètres p , x et y ne soient pas connus, il est probable que $(\text{Mg} + \text{Fe}'')$ varie peu.

Il est logique d'admettre que les éléments du pyroxène qui n'ont pas été utilisés dans la transformation (Al, Fe''' et Ca) ne vont pas migrer très loin. Or, d'après H. de la ROCHE (1957), la saussuritisation des plagioclases exige un apport de Al (et, ou) Fe''' et « un excès de calcium qui sera fourni par le milieu environnant ». Ainsi se trouve expliquée la concomitance fréquente des deux phénomènes, ouralitisaiton et saussuritisation. On comprend aussi que la saussuritisation des plagioclases des roches à augite (gabbros), renfermant donc Fe''' , puisse fournir de l'épidote, alors que, dans les roches sans augite, ce phénomène ne fait apparaître que de la zoïsité (je fais abstraction, évidemment, de l'épidote primaire qui pouvait exister dans certaines diorites).

1. Donnée par M.E. DENAEYER (1951).

La métasomatose

Lors de l'étude chimico-minéralogique des roches métamorphiques, nous avons parlé fréquemment d'apport de K, de Si, etc., phénomène qui se traduit le plus souvent par l'apparition d'un nouveau minéral. Les départs s'observent beaucoup moins, mais le raisonnement montre que, à moins de faire augmenter indéfiniment le volume ou la densité des roches, les apports doivent être compensés par des départs.

Un procédé commode de mise en évidence des mouvements d'ions lors de la métasomatose est connu sous le nom de « cellule standard de T.-W. BARTH ». Cet auteur, partant du principe que les ions oxygène, beaucoup plus gros que les autres, ne se déplacent pas au cours du métamorphisme, définit une cellule à 160 oxygènes (1), réputée invariable, et calcule le nombre de « cations » qui l'accompagnent. Ce calcul est assez analogue à celui des « pourcentages ioniques » de P. ESKOLA, avec cette différence que l'eau H_2O^+ est comptée dans la cellule sous forme d'atomes H (2). Bien entendu, les « cations » ne sont pas totalisés à 100; ce sont les oxygènes qui sont totalisés à 160.

Ce mode de calcul peut être utilisé dans deux cas :

1) Lorsque les roches analysées sont prélevées à une distance assez petite pour que l'on puisse penser avec une bonne probabilité que l'une dérive de l'autre;

2) Lorsque l'on dispose d'un assez grand nombre d'analyses pour que l'emploi de la méthode statistique permette de compenser la dispersion dans la composition des roches.

N'ayant que peu d'analyses à ma disposition, je n'ai pu utiliser la méthode T.W. BARTH que dans le cas des roches n^{os} 369, 376 et 375, provenant toutes des environs de Santaba (Piouk-tenga, cercle de Kaya).

Provenance et détermination des échantillons analysés

n^o 369 — Santaba — 1,6 km E.NE du quartier Santakoudgho

amphibolite plagioclasiq

hornblende verte dominant biotite

andésine An 40 limpide

apatite

minéral

n^o 376 — Santaba — 400 m Nord du quartier Pissin

amphibolite feldspathisée (en enclave dans le granite suivant)

quartz et microcline rares

hornblende verte

minéral

dominant biotite

andésine An 44 séricitisée

chloritisée

apatite

n^o 375 — Santaba — 400 m Nord du quartier Pissin

Granite akéritique à biotite et amphibole

quartz assez abondant

biotite dominant

sphène

microcline rare

hornblende verte

apatite

andésine acide séricitisée

1. Le choix du nombre 160 n'a aucun rapport avec le fait que la masse atomique de l'oxygène est 16; il permet seulement d'avoir un nombre total de « cations » compris entre 95 et 105 dans les roches courantes.

2. Il en résulte une source d'erreurs, lorsque le chimiste a groupé CO_2 et S dans l'ensemble H_2O^+ ; mais on commettrait une erreur plus grave en négligeant systématiquement H_2O^+ comme le fait J. PETERLONGO (1955); il n'est pas douteux, en effet, que l'élément H est un de ceux qui migrent le plus facilement.

Voici les résultats des analyses.

ANALYSE N° 369			ANALYSE N° 376			ANALYSE N° 375		
Comp. pondér.	Pourcentages ioniques		Comp. pondér.	Pourcentages ioniques		Comp. pondér.	Pourcentages ioniques	
SiO ₂	49,10	Si =46,00 O= 92,00	SiO ₂	54,05	Si =50,40 O=100,80	SiO ₂	65,45	Si =61,70 O=123,40
Al ₂ O ₃	17,20	Al =19,00 28,50	Al ₂ O ₃	16,05	Al =17,60 26,40	Al ₂ O ₃	15,65	Al =17,35 26,03
Fe ₂ O ₃	5,00	Fe'''= 3,50 5,25	Fe ₂ O ₃	3,20	Fe'''= 2,25 3,37	Fe ₂ O ₃	1,45	Fe'''= 1,00 1,50
FeO	5,60	Fe''= 4,40 4,40	FeO	5,40	Fe''= 4,20 4,20	FeO	2,60	Fe''= 2,05 2,05
MnO	0,20	Mn = 0,15 0,15	MnO	0,16	Mn = 0,13 0,13	MnO	0,08	Mn = 0,06 0,06
MgO	6,55	Mg = 9,10 9,10	MgO	6,15	Mg = 8,55 8,55	MgO	2,45	Mg = 3,45 3,45
CaO	6,65	Ca = 6,70 6,70	CaO	7,30	Ca = 7,30 7,30	CaO	3,80	Ca = 3,85 3,85
Na ₂ O	4,55	Na = 8,25 4,12	Na ₂ O	3,80	Na = 6,85) 4,40	Na ₂ O	3,70	Na = 6,75 3,38
K ₂ O	1,40	K = 1,70 0,85	K ₂ O	1,65	K = 1,95)	K ₂ O	2,70	K = 3,25 1,63
TiO ₂	1,15	Ti = 0,80 1,60	TiO ₂	0,85	Ti = 0,60 1,20	TiO ₂	0,50	Ti = 0,35 0,70
P ₂ O ₅	0,50	P = 0,40 1,00	P ₂ O ₅	0,30	P = 0,23 0,58	P ₂ O ₅	0,20	P = 0,16 0,40
H ₂ O	1,70	100,00 153,67	H ₂ O	1,00	100,06 156,93	H ₂ O	0,65	99,97 166,45
H ₂ O	0,20	OH= 10,10	H ₂ O	0,10	OH= 6,20	H ₂ O	0,15	OH= 4,10
	99,80	163,77		100,01	163,13		99,38	170,55
		— O pour OH= 5,05			— O pour OH= 3,10			— O pour OH= 2,05
		158,72			160,03			168,50

Le calcul des cellules de T. W. BARTH correspondant à ces trois roches permet de faire les comparaisons suivantes :

	n° 369	Différences				n° 376	Différences				n° 375
		en plus		en moins			en plus		en moins		
		atomes	valences	atomes	valences		atomes	valences	atomes	valences	
Si.....	46,30	4,05	16,20			50,35	8,25	33,00			58,60
Al.....	19,05			1,45	4,35	17,60			1,10	3,30	16,50
Fe'''...	3,55			1,30	3,90	2,25			1,30	3,90	0,95
Fe''....	4,40			0,20	0,40	4,20			2,25	4,50	1,95
Mn ...	0,16			0,04	0,08	0,12			0,05	0,10	0,07
Mg....	9,25			0,65	1,30	8,60			5,30	10,60	3,30
Ca.....	6,70	0,60	1,20			7,30			3,65	7,30	3,65
Na	8,30			1,45	1,45	6,85			0,45	0,45	6,40
K.....	1,70	0,25	0,25			1,95	1,10	1,10			3,05
Ti....	0,80			0,20	0,80	0,60			0,27	1,08	0,33
P.....	0,40			0,16	0,80	0,24			0,09	0,45	0,15
H.....	10,70			4,45	4,45	6,25			2,40	2,40	3,85
Total... 111,31						106,31					98,80
Total atomes. . .		4,90		9,90			9,35		16,86		
Total valence. . .			17,65		17,53			34,10		34,08	

L'apparition du quartz et du microcline et l'augmentation de la biotite correspondent à un apport progressif de Si et de K; mais il y a simultanément un départ de tous les autres éléments (2); dès lors, un problème se pose : dans quelle direction sont partis les éléments migrants? Cinq hypothèses peuvent être envisagées :

1) Ils sont partis vers le bas, dans des roches de profondeur que nous ne connaissons pas : hypothèse gratuite et invérifiable;

2) Ils sont partis vers le haut, dans des terrains qui ont été érodés par la suite et que nous ne connaissons pas : hypothèse tout aussi gratuite, mais nous pouvons penser que tout n'a pas été érodé, ce qui nous ramène à l'hypothèse n° 5;

3) Le départ n'est pas réel mais seulement apparent; en effet nous avons supposé que la quantité d'oxygène restait constante au cours de la métasomatose; mais ce n'est qu'une supposition : une diminution de la teneur de tous les éléments par rapport à l'oxygène peut aussi s'expliquer par un apport d'oxygène (par exemple sous forme de SiO_2); toutefois je ne retiens pas cette hypothèse car, dans ce cas-là tous les éléments devraient diminuer dans la même proportion, ce qui est contraire à l'observation : tandis que Si augmente de 26 % et K de 80 % (ce qui correspondrait à une augmentation de 16 % de l'oxygène : 185,3 atomes au lieu de 160), nous constatons que si Al diminue de 13 % et Na de 23 %, Fe'' , Mn et Ca diminuent de 56 %, Mg, Ti, P et H diminuent d'environ 60 %, et Fe''' de 74 %, c'est-à-dire beaucoup plus que ce qu'un apport d'oxygène permettrait d'expliquer;

4) Les éléments migrants se sont rassemblés dans les amphibolites voisines (roches que nous observons le plus souvent au contact du granite et des autres roches basiques); celles-ci ne seraient donc pas les amphibolites originelles mais des amphibolites ayant subi une métasomatose basique. A titre de vérification, j'ai calculé la cellule B correspondant à la moyenne des analyses de 7 roches basiques (n°s 379, 380, 614, 386, 420, 260 et 527), et la cellule A correspondant à la moyenne des analyses de 6 amphibolites (n°s 369, 373, 378, 384, 441, 462), de façon à les comparer à la cellule du granite n° 375 déjà cité. Voici les résultats :

	B	Différences		n° 375	B	Différences		A
		en plus	en moins			en plus	en moins	
Si.....	47,70	10,90		58,60	47,70	2,30		50,00
Al.....	15,80	0,70		16,50	15,80	0,45		16,25
Fe'''	2,20		1,25	0,95	2,20	0,15		2,35
Fe''	7,15		5,20	1,95	7,15		2,55	4,60
Mn.....	0,13		0,06	0,07	0,13	0,01		0,14
Mg.....	8,65		5,35	3,30	8,65	0,90		9,55
Ca.....	8,30		4,65	3,65	8,30		0,60	7,70
Na.....	3,75	2,65		6,40	3,75	1,90		5,65
K.....	0,85	2,20		3,05	0,85	0,50		1,35
Ti.....	0,70		0,37	0,33	0,70		0,15	0,55
P.....	0,07	0,08		0,15	0,07	0,08		0,15
H.....	16,70		12,85	3,85	16,70		6,60	10,10
S (I)....	0,33				0,33			
C (I)....	0,65				0,65			

1. Pour mémoire : S et CO_2 n'ont été dosés chacun que dans une seule des 13 analyses publiées.

2. Comme on peut le constater, l'échange se fait valence par valence et non ion par ion ou atome par atome; ceci est d'ailleurs obligatoire si l'on admet l'hypothèse de la cellule de T.W. BARTH à 160 oxygènes : les 320 valences de ces oxygènes doivent constamment être saturées.

Nous voyons qu'à une exception près (Mg) les éléments qui disparaissent lors de la granitisation d'un amphiboloschiste ne peuvent pas être utilisés pour transformer un amphiboloschiste à actinote en amphibolite à hornblende; cette dernière nous paraît en effet plus « granitisée » qu'un amphiboloschiste.

Bien que les calculs s'appuient sur un très petit nombre d'analyses, il ne semble pas que nous devions retenir cette hypothèse.

5) Dernière hypothèse : les éléments qui sont chassés lors de la métasomatose granitique se concentrent, pour des raisons que nous ignorons, en des points prédestinés du massif basique. Ces points singuliers correspondent peut-être aux *hornblendites* ou « appinites » dont nous avons déjà remarqué le caractère exceptionnel. A titre de vérification nous comparons la cellule C correspondant à la moyenne des 13 analyses de roches basiques déjà citées, avec la cellule du granite n° 375 et celle de la *hornblendite* n° 553 (Satin).

Voici les résultats :

	C	Différences		n° 375	C	Différences		n° 553
		en plus	en moins			en plus	en moins	
Si.....	48,75	9,85		58,60	48,75	1,20		49,95
Al.....	16,00	0,50		16,50	16,00		6,00	10,00
Fe'''....	2,30		1,35	0,95	2,30		0,20	2,10
Fe''.....	6,00		4,05	1,95	6,00	0,70		6,70
Mn.....	0,14		0,07	0,07	0,14	0,01		0,15
Mg.....	9,05		5,75	3,30	9,05	7,10		16,15
Ca.....	8,00		4,35	3,65	8,00	3,35		11 35
Na.....	4,65	1,95		6,40	4,65		1,85	2,80
K.....	1,05	2,00		3,05	1,05		0,37	0,68
Ti.....	0,60		0,27	0,33	0,60		0,10	0,50
P.....	0,10	0,05		0,15	0,10	0,13		0,23
H.....	13,65		9,80	3,85	13,65		5,15	8,50
S.....	0,18				0,18			
C.....	0,35				0,35			

D'après ces deux tableaux, le calcium et le magnésium qui ont été chassés au moment de la granitisation ont pu être utilisés pour la formation de hornblende dans une *hornblendite* (1); par contre cette hypothèse ne rend pas compte de l'utilisation de tout le fer éliminé, ni de la pauvreté de la roche 553 en alumine. On remarque également que la *hornblendite* est moins riche en alcalins (et en alumine) que la moyenne des roches basiques, comme si la fraction non granitisée du schiste amphibolique s'était appauvrie en Al, Na et K au moment de la granitisation.

Cette hypothèse est vraisemblable, mais en aucun cas ce calcul ne peut être considéré comme une démonstration; en effet :

1) La moyenne des analyses de roches basiques n'est pas représentative de l'ensemble de la formation : les analyses sont trop peu nombreuses, et d'autre part les amphibolites à hornblende (6 analyses sur 13) sont loin de constituer les 6/13 du groupe de Dacola;

1. Nous rejoignons ici l'hypothèse des « reins d'accumulation » formulée par P. LAPADU-HARGUES (1949, p. 100), après d'autres auteurs.

2) Nous n'avons pris qu'une analyse de *hornblendite* et une analyse de granite comme termes de comparaison; il serait préférable d'utiliser des moyennes.

3) L'hypothèse rend compte des mouvements de Ca et de Mg, peut-être aussi de Al et des alcalins, mais non du mouvement du fer.

Age des formations métamorphiques

Âges relatifs des différentes séries

GROUPES DE RIZIAM ET DE DACOLA.

Il ne m'est pas possible d'établir une distinction d'âge entre les deux principales formations métamorphiques de Haute-Volta; aucune discordance n'a été observée et, au contraire, tout porte à croire que les deux groupes sont concordants. Rien non plus ne permet d'affirmer qu'un groupe pris dans son ensemble, est postérieur à l'autre; au contraire, bien qu'aucune succession stratigraphique n'ait pu être établie, il est plus vraisemblable de penser que les roches basiques et neutres du groupe de Dacola représentent, pour la plupart, d'anciennes intrusions ou coulées volcaniques dans les sédiments du groupe de Riziam. Un phénomène analogue a été observé, dans de nombreuses régions du globe, par différents auteurs. H. et G. TERMIER (1956) le signalent, en particulier, à propos des formations antécambriennes du Canada (1) qui présentent de nombreuses analogies avec celles de l'Afrique Occidentale.

SÉRIE DE TOURCOINGBAM.

La superposition des grès-quartzites de Tourcoingbam sur les schistes tufacés du groupe de Riziam a été observée, à Tourcoingbam même, dans l'ancienne carrière située au carrefour de la piste Mané-Djibo et de la route Kaya-Ouahigouya. Toutefois on ne peut affirmer qu'il y a une discordance car les pendages ne sont pas visibles. Le métamorphisme très superficiel ou quasi nul de cette série s'explique par le fait qu'elle s'est déposée sur un socle déjà figé.

SÉRIE DE L'LOUDALAN ORIENTAL.

En plusieurs endroits (Kel Eguieuf, Gountouré Ibirdi, Sud-Est de Koïré Zéna), il semble y avoir une discordance cartographique entre les grès-quartzites et conglomérats de l'Oudalan oriental d'une part, les amphibolites et amphiboloschistes d'autre part; mais la superposition n'a jamais été observée. Ce fait, joint au moindre métamorphisme de la série de l'Oudalan oriental, et au fait qu'elle comprend des conglomérats, permet de supposer qu'elle est plus récente que les groupes de Riziam et de Dacola; mais ceci n'est qu'une hypothèse, car des conglomérats ne sont pas nécessairement transgressifs.

Bien entendu, rien ne permet de comparer les âges des séries de Tourcoingbam et de l'Oudalan oriental, car elles affleurent à quelque 200 km l'une de l'autre.

SÉRIE DE BAMGA.

Il existe, au moins à Bamga et peut-être à Bagadé et Gargo, une discordance cartographique entre cette série, orientée E.SE et les roches basiques de Babirka-Gangaol, orientées N.NE

1. *Op. cit.*, p. 169.

Par ailleurs, les mesures d'anomalie gravimétrique font apparaître un gradient de 8 milligals au kilomètre (anomalie de Bouguer : -1 milligal à Karga, -42 milligals à Bamga, pouvant correspondre à une faille ou à un contact anormal. Pour ces deux raisons, bien qu'aucune faille n'ait été observée malgré un levé exécuté au 1/50 000, je pense que la série de Bamga n'est pas du même âge que les roches basiques. Est-elle antérieure ou postérieure? Un examen superficiel laisserait croire que les gneiss sont postérieurs, car, à Bamga, ils semblent surimposés sur la pénélaine; mais ce n'est qu'une apparence due au fait que les gneiss sont moins érodés que les roches voisines et, d'ailleurs, les collines de Bamga ne sont pas plus élevées que celles de Bani. Aussi, étant donné son métamorphisme plus profond, je pense plutôt que la *série de Bamga est plus vraisemblablement antérieure que postérieure aux autres.*

Comparaison des différentes séries avec les grands systèmes de l'Ouest africain

GROUPES DE RIZIAM ET DE DACOLA.

Depuis les études de J. SAGATZKY (1946-1947), les « schistes et quartzites redressés » et les « roches vertes » qui affleurent en Haute-Volta sont assimilés au Système Birrimien. Rien ne me permet d'infirmer cette hypothèse. Au contraire :

1) Les formations métamorphiques de Haute-Volta sont, sur le terrain, en continuité avec celles de Côte-d'Ivoire, et celles-ci sont en continuité avec celles du Ghana, en particulier avec les formations de la vallée de la Birrim où a été défini le Birrimien type. On ne voit pas où l'on pourrait placer une coupure dans cet ensemble.

2) Les groupes de Riziam et de Dacola présentent une certaine analogie avec le Birrimien type. N.R. JUNNER (1940) décrit ce dernier comme comprenant « une série inférieure formée de schistes ardoisiers, de phyllades, de grauweekes, de tufs et de laves, avec des schistes et des gneiss dérivés de ces roches; et une série supérieure de roches vertes qui sont principalement des laves neutres ou basiques métamorphisées et des roches pyroclastiques, avec des roches ignées hypabyssales et des bandes intercalées de phyllades et de grauweekes ».

La plupart de ces roches, propres au Birrimien, ont été retrouvées en Haute-Volta. Les plus caractéristiques sont les *roches vertes* et les *schistes rouges* dont certains sont d'origine tufacée.

Différence avec le Birrimien type.

Cependant cette analogie ne va pas jusqu'à une identité. En particulier, les géologues britanniques distinguent un Birrimien Inférieur et un Birrimien Supérieur. J. SAGATZKY (1954) a essayé de reprendre cette distinction en Haute-Volta, mais les caractères de ces deux étages ne sont pas assez tranchés et il n'a pas pu les cartographier.

M. ARNOULD (1961) en Côte-d'Ivoire et moi-même, n'ayant pas réussi à établir la stratigraphie du Birrimien, renonçons à distinguer un niveau inférieur et un niveau supérieur.

D'autre part, certaines roches du Birrimien type, les schistes ardoisiers par exemple, n'ont pas été retrouvées en Haute-Volta. Quant à l'horizon manganésifère qui se trouverait à un niveau pratiquement constant dans le Birrimien supérieur en divers points du Ghana, il est certainement discontinu en Haute-Volta.

Mais ces différences de détail n'empêchent pas l'assimilation envisagée : à distance égale, il y a moins de différence entre le Birrimien de Haute-Volta et celui du Ghana qu'entre le Crétacé de la « Fosse vocontienne » et le Crétacé de type jurassien.

SÉRIE DE TOURCOINGBAM.

La seule chose presque certaine que nous puissions dire de cette série, c'est qu'elle est post-birrimienne; mais nous ne lui connaissons pas de limite supérieure. Doit-on la rapprocher du Tarkwaïen? du Buem? de la série d'Ansongo? de la série de Hombori-Douentza? ou du Cambro-ordovicien? Elle ressemble à certains faciès du Buem ou de la série de Hombori-Douentza, mais, à 200 km de distance, une simple analogie de faciès ne permet pas de dater une formation.

SÉRIE DE L'LOUDALAN ORIENTAL.

On peut en dire autant de la série de l'Oudalan oriental avec cette différence que son âge post-birrimien n'est qu'une hypothèse; toutefois, en attendant des observations plus complètes, on peut la comparer au Système Tarkwaïen.

SÉRIE DE BAMGA.

Si cette série est anté-birrimienne, elle peut être considérée comme l'équivalent de l'Archéen du Sud-Est du Ghana, du Dahomeyen du Dahomey et du Togo, ou de l'Atacorien du Togo. Elle constituerait donc les fameux gneiss grenatifères que J. SAGATZKY a vainement cherchés dans les feuilles Tenkodogo.

LES ROCHES CRISTALLINES

DESCRIPTION

Les roches cristallines présentent en Haute-Volta, comme dans tout l'Ouest africain d'ailleurs une extension considérable et les types pétrographiques sont assez variés. Leur étude impose donc une classification préalable. Je distingue tout d'abord :

- 1) Des roches calco-alkalines, granites et roches granitoïdes;
- 2) Des roches alcalines, granites et syénites;
- 3) Des plagioclases, gabbros, diorites, dolérites, etc.

Cette classification purement pétrographique peut paraître arbitraire, mais, ainsi que nous le verrons, elle correspond approximativement à une distinction d'ordre géologique. Parmi les roches calco-alkalines, les plus importantes, nous reprendrons la division en deux groupes établie par L. BODIN (1951).

Les roches calco-alkalines

DÉFINITION.

Au microscope.

En faisant abstraction des considérations de texture qui n'interviendront que plus loin, on peut définir largement ces roches en disant qu'elles comprennent quartz, plagioclase (oligoclase ou, moins souvent, andésine, mais non albite), et généralement microcline. Les autres minéraux (moins de 10 %, sauf exceptions) n'ont qu'une importance secondaire.

D'après la composition chimique.

Si l'on se reporte à la classification chimico-minéralogique d'A. LACROIX (1933) (1), il s'agit de roches :

- 1) leucocrates ou hololeucocrates ($\text{Bar} < 35 \%$; $p = \text{I à II}$);
- 2) feldspatho-quartziques ($\frac{Q}{F} > \frac{1}{7}$; $q = 4 \text{ ou } 3$);
- 3) calco-alcalines ($0,6 < \frac{\text{oxydes alcalins des feldspaths}}{\text{chaux des feldspaths}} < 7$; $r = 2 \text{ ou } 3$.)

CLASSIFICATION.

J'ai indiqué plus haut (p. 000) de quelle façon L. BODIN (1951) a réparti les granites calco-alcalins de la province birrimienne en deux groupes :

— Un type « baoulé », présentant un gisement concordant avec une auréole développée et des migmatites intra-batholitiques; les massifs sont le plus souvent hétérogènes; la texture est grenue équigranulaire ou porphyroïde; le type pétrographique dominant est un granite monzonitique;

— Un type « Bondoukou », en massifs circonscrits, sans migmatites, homogène; la texture est grenue plagiidiomorphe (2); la tendance chimique est plus sodique (granodiorites, granites akéritiques).

Plus récemment, en Côte-d'Ivoire, M. ARNOULD (1961) établit une distinction d'ordre structural dans les granites « baoulés » qu'il sépare en *granites de cratons* et *granites de géosynclinaux*.

Les premiers se sont mis en place dans les cratons migmatitiques antébirrimiens dont ils conservent des enclaves de migmatites. Pétrographiquement, ce sont des granites akéritiques et monzonitiques à biotite. Ils présentent des faciès hétérogènes dus notamment à la granitisation plus ou moins avancée des migmatites antérieures.

Les granites de géosynclinaux décrivent des formations géosynclinales birrimiennes dont ils conservent des enclaves de schistes et de grauweekes. Ce sont des granites alcalins à deux micas (type Ferké), orientés et allongés en feuillets, et des granodiorites (type Koffissouka), en massifs homogènes et indépendants.

Les granites intrusifs de type « Bondoukou » ont des compositions très variables. M. ARNOULD qui leur attribue une origine magmatique remarque leur nette et fréquente association avec les anciennes laves basiques devenues « roches vertes ».

Au cours de l'exposé, nous verrons dans quelle mesure les idées de L. BODIN et de M. ARNOULD peuvent s'appliquer aux granites de Haute-Volta.

Je conserve, en première approximation, la division classique en *granites « baoulés »* et *granites en massifs circonscrits*; j'y ajouterai un troisième chapitre concernant les roches microgrenues.

1. - Les granites « baoulés »

SITUATION DES MASSIFS.

Les granites baoulés occupent une très grande surface dans la région étudiée; ils constituent plusieurs grands massifs :

1. En ce qui concerne les roches leucocrates et feldspatho-quartziques, R. FREY (1937) s'est efforcé de reporter la classification de A. LACROIX sur un diagramme K N C relatif aux proportions moléculaires de potasse, soude et chaux contenus dans les feldspaths virtuels. Afin de préciser la position des granites calco-alcalins, je cite ce diagramme dès maintenant (fig. 30), mais nous verrons plus loin quelles modifications R. FREY suggère d'y apporter.

2. A plagioclases automorphes.

Classification chimico-minéralogique des roches calco-alkalines, d'après A. LACROIX

Diagramme KNC établies pour les roches leucocrates ($5\% < \text{Bar} < 35\%$)
et feldspatho-quartziques ($q = 3$ ou 4) (Cité par R. FREY, 1937)

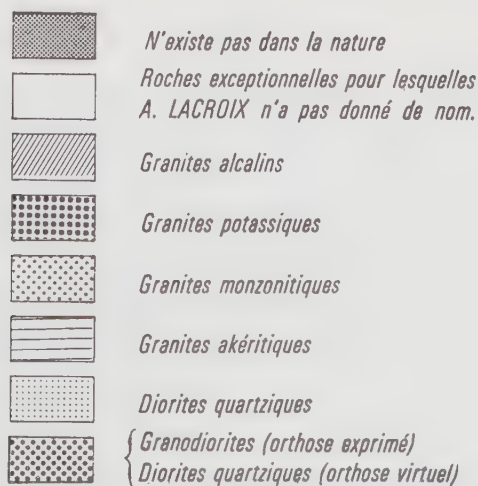
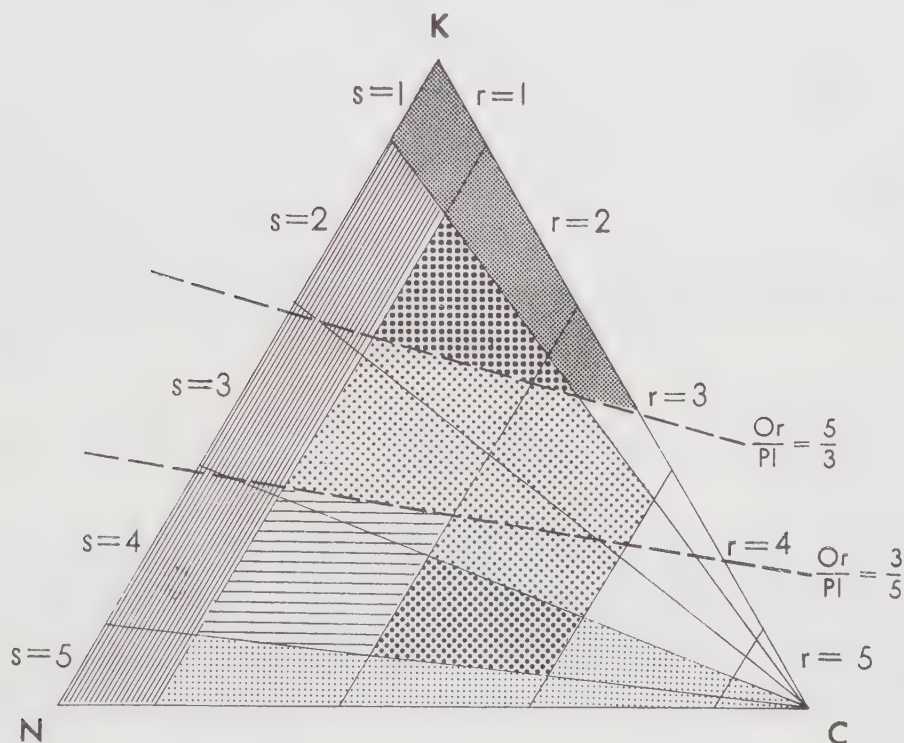


Fig. : 30

— Au Sud : le massif d'Ouagadougou; il couvre la plus grande partie des cercles d'Ouagadougou et de Kondougou et s'étend, au Sud du 12° parallèle, dans les cercles de Manga, Po et Léo et jusqu'au delà de la frontière du Ghana;

— Au Sud-Est : le massif de Koupèla-Bogandé; il couvre toute la province de Koupèla, le cercle de Bogandé, le canton de Boulsa et la plus grande partie du Ganzourgou; il s'étend au Sud et à l'Est dans les cercles de Tenkodogo et de Fada Ngourma;

— A l'Ouest : le massif de Toma-Gourcy;

— Au Nord : le massif du Foulgho et du Botogho s'étend sur une grande partie du cercle de Djibo, le Nord du cercle de Kongoussi et le Nord-Est du cercle de Kaya;

— Au Nord-Est : le massif du Liptako et de l'Oudalan couvre la partie ouest du cercle de Dori.

Ces massifs granitiques sont limités sur la carte par des panneaux de roches métamorphiques, mais, alors qu'en Côte-d'Ivoire on observe une alternance assez régulière de massifs granitiques et métamorphiques (1) allongés en direction N.NE.-S.SW., les massifs sont disposés ici d'une façon beaucoup plus irrégulière; en particulier, les batholites de granite ne sont pas absolument isolés les uns des autres. Il ne s'agit donc en fait que d'un grand massif de granite qui, en certains endroits, a complètement absorbé les roches préexistantes, en d'autres endroits en a gardé des traces sous forme d'enclaves ou de migmatites. Ailleurs, enfin, les roches qui ont bien résisté à la granitisation se présentent sous forme de « roof-pendants », d'« îles » flottant sur la masse granitique.

Caractères généraux

MODE DE GISEMENT.

Dans les régions où les affleurements sont assez nombreux pour que les contours des massifs granitiques puissent être dessinés avec précision, on remarque que ces contours sont fréquemment parallèles à la direction de schistosité des roches encaissantes. C'est ce que M. ROQUES (1942) exprime en les qualifiant de « batholites intrusifs concordants » (2).

Toutefois, il est bien évident que, à moins d'avoir affaire à des massifs fusiformes ou à des laccolites, les granites ne peuvent pas être partout concordants : on observe localement un contour discordant.

TEXTURE.

La texture la plus fréquente est grenue, plus ou moins large, avec minéraux xénomorphes et quartz souvent à extinction roulante. Quand la roche est orientée, on observe un grossier parallélisme des micas ou des amphiboles, mais l'écrasement et la mylonitisation sont exceptionnels.

L'accroissement des cristaux de microcline peut être cause de la formation d'une texture porphyroblastique, mais on observe plus souvent une véritable texture porphyroïde non orientée, s'étendant parfois sur plusieurs centaines de kilomètres carrés.

Enfin, la structure migmatitique est fréquente, à tel point que P. MASCLANIS (1955) nommait « granites migmatitiques » l'ensemble des « granites baoulés » qui affleurent dans la partie est de la Haute-Volta.

1. Voir M. ARNOULD (1961).

2. Il ne s'agit pas d'une concordance avec la stratification comme on l'observerait si les schistes s'étaient déposés sur un granite arasé, mais d'une concordance du granite avec la schistosité des roches encaissantes.

COMPOSITION.

Comme on va le voir, les granites baoulés présentent des faciès assez variés. Au point de vue de la composition des feldspaths, les plus fréquents sont des granites monzonitiques mais les termes plus calco-sodiques ne sont pas rares. Les minéraux essentiels vont de la muscovite à la hornblende verte, en passant par la biotite et l'épidote.

L'hétérogénéité des massifs se traduit d'une part, par la juxtaposition de granites différents qui se compénètrent, sans que l'on puisse dire si l'un est antérieur à l'autre (il peut s'agir d'une différence de grain, de composition, de couleur des feldspaths, etc.), d'autre part, par la présence d'enclaves mésocrates fusiformes, surmicacées ou amphiboliques.

Mais on observe aussi des régions où le granite est homogène sur des surfaces allant du kilomètre carré à la centaine de kilomètres carrés. Il ne s'agit cependant pas de granites en massifs circonscrits, car on observe à la périphérie un passage progressif vers d'autres faciès granitiques.

Différents types de granites

Les descriptions données ci-dessous sont très succinctes; en effet, puisqu'il s'agit de granites hétérogènes, une description détaillée d'un grand nombre de types ne serait d'aucune utilité.

Granites à biotite.

Ce sont des granites calco-alcalins à texture grenue. Ils ne sont pas orientés mais présentent souvent des filets de biotite. On remarque la présence de bouffées, filons et filonnets de pegmatite et d'aplite.

La biotite, en petits lames, peut être associée à des traces de chlorite ou de muscovite, mais, il n'y a pas d'amphibole. Les feldspaths sont rose, blancs ou verdis (épidotisés); cette altération visible en lame mince, est plus fréquente dans les granites dont les cristaux de quartz et de feldspath sont nettement plus grands que ceux de biotite (faciès « Nanogho »).

Le quartz présente pratiquement toujours l'extinction roulante. Le microcline, xénomorphe comme le quartz, contient de petites quantités d'albite sous forme de flammèches, de fuseaux ou de facules.

L'oligoclase est, en majorité, xénomorphe. La présence de myrmékite est commune.

Les granites les plus finement grenus (faciès « Nariou ») ont été observés près de Nariou, Imansogo, Sia, Sissélé, Bazoulé, etc. Des granites à grain plus grossier (faciès « Nanogho ») affleurent à Nanogho, Dakouéghatenga, Gassé Yougo. Les deux types sont associés à Daouré où l'on observe une sorte de filon du granite finement grenu dans le granite à gros grain (cette observation a un caractère local).

En quelques endroits, le granite est hololeucocrate (très peu de biotite) : Karka, Kalomba, Pissi (Tougouri).

Granites monzonitiques orientés à biotite.

Ces granites, très proches des précédents, présentent une orientation qui peut aussi bien provenir d'influence tectonique que du reste d'une ancienne trame migmatitique. On les observe au cœur de grands massifs baoulés : Nord de Djibo, Solé, Saba, Zogoré, etc.

Granites à deux micas.

On remarque, dans le canton de Réo, plusieurs affleurements d'un granite à grain assez gros

dont le quartz est granulitique. Suivant les échantillons, la biotite domine la muscovite ou inversement; de même, les proportions respectives de microcline et d'oligoclase ne sont pas constantes. Les plagioclases sont xénomorphes. L'épidote et la chlorite sont présentes dans quelques lames minces.

Ce granite est voisin de la bande schisteuse de Kouarguié-Nogoirpoulou mais leur relations n'ont pas été observées (1).

Au Nord de Kargo, on observe un granite de même composition mais à texture porphyroïde; ailleurs, au contraire, on note quelques affleurements de granite aplitique (hololeucocrate, finement grenu) à deux micas : monzonitique (Pankélé, Zamsé) ou akéritique (Sofi, Silgagha); ce dernier se présente en filonnets rose de 10 cm à 2 m de puissance, sans direction privilégiée, dans un granite porphyroïde.

Granite à muscovite.

Composé de quartz automorphe, d'oligoclase acide, de microcline et de muscovite, c'est une roche assez rare. Il n'est pas orienté, mais, à Bouré, il est légèrement écrasé. Cet affleurement présente la particularité d'être environné, au Nord, au Sud et à l'Est, par les amphiboloschistes; mais on n'observe pas d'enclaves mésocrates dans le granite. Les autres affleurements (Sud de Niankoré, etc.) sont peu importants et isolés dans la masse des granites à biotite.

Granites à biotite et épidote.

Le granite de « faciès Gombré » dont l'affleurement s'étend sur quelque 200 km² dans le Nord du canton de Téma, est caractérisé macroscopiquement par la répartition du mica en mouchetures. Au microscope, on remarque le quartz en amas ou globuleux, à tendance granulitique; de nombreux cristaux d'oligoclase acide séricitisé dominant nettement quelques cristaux de microcline limpide; c'est donc un granite akéritique. La biotite, brun verdâtre, un peu chloritisée, est accompagnée d'épidote automorphe et souvent de muscovite.

On observe également ce granite au Sud-Ouest de Bélogho.

D'autres granites akéritiques à biotite et épidote ne présentent pas le caractère du mica en mouchetures (Daouaka, Koutougou, Baraboullé, Ouest de Tion, Gorouol Daké, Pokoldiamé, Sud d'Aribinnda); plusieurs d'entre eux sont partiellement écrasés. Il y a aussi des granites monzonitiques (Nobieul).

Granites largement grenus à biotite ou biotite et amphibole.

Je désigne sous le nom de « faciès Conquistenga » des granites à feldspaths blancs qui sont très communs, surtout entre les parallèles 12° et 14°. La biotite, parfois chloritisée, peut être associée à la chlorite, à l'épidote ou à la hornblende verte, mais non à la muscovite. Les minéraux colorés sont souvent un peu orientés. Le quartz, xénomorphe, est abondant. Suivant les proportions relatives des deux feldspaths, on peut parler de granites monzonitiques (microcline en quantité équivalente au plagioclase), de granites akéritiques (oligoclase dominant) ou de granodiorites (andésine dominante).

Ces granites renferment presque toujours, en plus ou moins grande quantité, des enclaves surmicacées ou amphiboliques, ovoïdes ou fusiformes. La composition de ces enclaves est analogue

1. Si je connaissais la forme des contours du granite à deux micas, je pourrais le comparer au type *Ferké* défini par M. ARNOULD (1961); toutefois, ce type est fréquemment gneissique, alors que le granite du canton de Réo n'est pas orienté.

à celle du granite, avec des proportions différentes : microcline et quartz moins abondants, biotite et surtout hornblende verte plus abondantes ; le plagioclase des enclaves a la même basicité que celui du granite. Les enclaves ont souvent une structure de gneiss œillé ou d'amphibolite plagioclasiq.

En quelques endroits, le granite du Conquistenga montre une tendance porphyroïde.

Ces granites affleurent largement dans la partie centrale du Conquistenga, dans la subdivision de Ziniaré, au Nord et à l'Est de Baghsalogo, dans les cantons de Botogho, Tongomayel, Datenga, la province de Koupèla et le Sud du Liptako.

Granites porphyroïdes.

Ces granites semblent être un faciès local des précédents auxquels ils sont fréquemment associés et dont ils ne diffèrent que par la présence de gros phénocristaux de microcline rose ou blanc ayant en moyenne 1 à 2 cm de longueur mais pouvant atteindre 10 cm. Ils affleurent principalement dans le Foulgho, le Botogho, le Nord du Liptako, le Nord des cercles de Koudougou et d'Ouagadougou, près de Pissila et de Morédagha, etc. Dans la mesure du possible, le faciès a été délimité sur la carte, mais ces contours sont purement figuratifs puisqu'il y a passage progressif d'un granite à l'autre par augmentation des phénocristaux.

Les migmatites

J'ai observé, en Haute-Volta, des migmatites en deux positions différentes :

1) Des migmatites *intra-batholitiques*, les plus nombreuses ; elles forment des panneaux (Kya-Lago, Kayao-Ouagadougou, régions de Sabou et d'Oulfo-Alfa) ou des bandes (subdivision de Kombissiri, Koudougou-Godin, Boulsa-Bogandé, etc.) à l'intérieur des massifs de granite baoulé, et elles sont souvent très éloignées des affleurements d'ectinites des groupes de Riziam ou de Dacola.

2) Des migmatites *péri-batholitiques* ; elles apparaissent localement au contact du granite et des ectinites (Ouest de Zam, Ouest de Dablo, Nord de Tougouri). Le préfixe *péri* qui est employé ici ne doit pas laisser croire qu'elles affleurent sur tout le pourtour des batholites ; ce sont, au contraire, des formations assez localisées ; la plupart du temps, le contact du granite et des roches métamorphiques n'est pas visible, mais on peut souvent le situer à 100 m près, sans observer de migmatites.

Cette division en deux grands groupes semble assez simple ; pourtant l'attribution d'une migmatite à l'un ou l'autre groupe n'est pas toujours immédiate : c'est le cas de la migmatite qui affleure à Dofènegha-Tanséggha (au Sud de Baghsalogo) : elle est située au contact du granite et d'une roche basique qui est en enclave dans le granite ; c'est le cas, aussi, du grand massif migmatitique qui s'étend de Beldiabé à Touka, dans l'Oudalan : vu à petite échelle, ce massif paraît intra-batholitique, mais, si on l'observe dans le détail, on remarque un grand nombre d'enclaves de roches basiques (Kissi, Tin Agabès, Saouga, etc.) qui me conduisent à le considérer comme péri-batholitique, malgré ses grandes dimensions. Je reconnais cependant que cette distinction peut sembler arbitraire.

a) LES MIGMATITES INTRA-BATHOLITIQUES

La trame est, le plus souvent, un gneiss œillé ou rubané, assez riche en biotite (environ 10% ou plus), ou, plus rarement, en biotite et hornblende ou biotite et muscovite. Le feldspath potassique y est rare et même souvent absent ; on observe quelquefois des phénoblastes de plagioclase.

Le quartz est plus abondant que dans un granite normal. L'orientation de la trame est, le plus souvent, constante sur une grande surface (de l'ordre du m^2).

L'apport se présente sous forme de filonnets, de filons, ou d'apparences de filons, de 1 cm à plusieurs mètres de puissance. Les bords des filons ne sont pas parallèles; ils se divisent et s'anastomosent et souvent s'arrêtent brusquement. Sur certains affleurements, il y a des filons dans tous les sens; sur d'autres, on observe une majorité de filons dans une direction privilégiée; dans ce dernier cas, la direction principale des filons est généralement concordante avec la direction d'orientation de la trame, et la roche ressemble à une *épiholite*; mais ce n'est pas une véritable épiholite car les filons ne sont pas partout concordants. Au point de vue pétrographique, l'apport peut être soit une pegmatite à microcline et oligoclase, soit une aplite, soit un granite hololeucocrate à grain fin (granite aplitique).

Outre les deux phases principales — trame et apport —, les migmatites intra-batholitiques contiennent, de façon constante, des enclaves mésocrates fusiformes, orientées, de quelques centimètres à quelques décimètres de long, dont la composition minéralogique est analogue à celle de la trame, avec seulement peu de quartz ou pas du tout (enclaves surmicacées, ou, plus rarement, amphiboliques).

Si l'on essaie de se reporter aux définitions données par J. JUNG et M. ROQUES (1952), nos migmatites intrabatholitiques apparaissent comme des *embréchites* à l'échelle du cm^2 ou du dm^2 et comme des *diadysites* à l'échelle du m^2 ou plus.

b) LES MIGMATITES PÉRI-BATHOLITIQUES

Ces migmatites sont caractérisées par le fait qu'elles comprennent une trame ou des enclaves provenant des roches périphériques. Nous pouvons donc les diviser en :

- migmatites de schistes micacés,
- migmatites de quartzites,
- migmatites de roches basiques.

Ces dernières sont les seules importantes dans la région qui nous intéresse.

1° *Migmatites de schistes micacés.*

Elles ont été observées à l'Ouest de Zam : la roche originelle est un chloritoschiste à épidote contenant du quartz, de la calcite, et de rares « fantômes » de plagioclases. Elle affleure à 5 km au Sud-Est d'Ouéotenga, ainsi qu'en de nombreux endroits dans l'Ouest du Ganzourgou, en particulier à Talembika où, étant assez éloignée du granite, elle n'est traversée que par quelques filons de quartz.

Le chloritoschiste est encore intact à 43 m du granite; lorsqu'on s'approche du granite, on remarque la transformation suivante (à 16 m du granite) : la chlorite a fait place à la biotite; l'épidote reste intacte; le plagioclase (albite-oligoclase acide) apparaît en cristaux xénomorphes; un peu de séricite. Bien que les feldspaths soient peu nombreux, la roche est déjà un gneiss.

Peu après on observe l'apparition de porphyroblastes de feldspaths non maclés (gneiss œillé), puis des filonnets de feldspaths (microcline veinulé d'albite en quantité inférieure au plagioclase) concordant avec l'orientation de la trame (embréchite rubanée). La biotite et l'épidote restent inchangées.

Plus loin, enfin, l'embréchite rubanée fait place à une granodiorite orientée à biotite (faciès « Conquistenga ») avec laquelle elle a un contact net (déterminé au millimètre près). Dans cette

dernière, la biotite et l'épidote dessinent des cloisons, l'oligoclase est subautomorphe, le microcline xénomorphe, rare, est parfois en inclusions dans les plagioclases. Il y a d'autres affleurements d'embranchites de schistes micasés au Sud d'Yayika, mais la succession est moins visible qu'entre Zam et Ouéotenga.

2° Migmatisation des quartzites.

Elle n'a été observée qu'en un point : à 400 m à l'Est de Zamsé (canton de Zitenga), se trouvent plusieurs affleurements de granite « type Conquistenga ». Dans l'un d'eux, on remarque des enclaves de quartzite blanc. En lame mince, on observe les deux parties dans la roche : un quartzite à grain très fin, avec un peu de séricite; un granite à structure largement grenue, formé de quartz en amas, de grands cristaux d'oligoclase acide séricitisé, de microcline, de biotite zirconifère chloritisée et de chlorite, d'épidote et de zoïsite. Le granite a pénétré dans les diaclases du quartzite, mais on remarque que les minéraux du granite ne diffusent pas dans la masse du quartzite.

3° Migmatites de roches basiques.

Ce sont les plus fréquentes dans le centre et le Nord de la Haute-Volta, et nous avons pu distinguer les types suivants :

- Amphibolite feldspathisée,
- Diadysite,
- Agmatite,
- Embranchite œillée,
- Embranchite rubanée,
- Granite migmatique.

Le faciès type de début de migmatisation est une *amphibolite plagioclasique* (hornblende-andésine) où apparaissent quelques filonnets de pegmatite ou de feldspath. Parfois, l'apport, visible seulement au microscope, est composé de cristaux isolés de microcline s'insinuant, avec ou sans plagioclase limpide; mais lorsque le seul minéral de néoformation que l'on observe est un plagioclase, on ne peut être certain qu'il s'agit d'un apport : il peut être dû à une recrystallisation (1).

Dans les *diadysites*, les filons de pegmatite et de feldspath deviennent plus nombreux et sont accompagnés de quartz en amas et en filons. Les septa d'amphibolites intactes sont disposés en fuseaux. On peut rattacher au « faciès diadysite » l'affleurement de To, situé à 5 km 1/2 à l'Ouest de Toma, sur la route de Nouna. La trame est un gneiss amphibolique à épidote, très bien lité et plissé (plis à l'échelle du mètre); elle est traversée par des venues irrégulières de feldspaths, en forme de plis ptygmatisés, et par des amas de quartz atteignant plusieurs décimètres. Au même affleurement, on observe, dans une cassure, une sorte de brèche formée de blocs anguleux d'amphibolite pris dans un ciment pegmatitique (*agmatite*); ce faciès est exceptionnel.

Les *embranchites œillées* sont communes au Nord de Tougouri et à l'Ouest de Dablo. Parmi les éléments colorés, la hornblende verte est souvent accompagnée d'un peu de biotite et d'épidote. Les nodules de feldspaths comprennent essentiellement des cristaux d'andésine limpide, avec un peu de quartz. Le microcline est rare. On remarque la présence d'anciens plagioclases saussuritisés. Ces roches renferment fréquemment des enclaves amphiboliques fusiformes.

1. Même si sa composition est différente de celle du plagioclase original: il peut, en effet, y avoir des mouvements d'ions à l'intérieur de la roche, considérée comme un milieu clos : l'ouralite-actinote et la hornblende ne contiennent pas les mêmes quantités de Ca, Na et Al, et la modification de l'amphibole peut avoir des conséquences sur la nature du plagioclase.

Les *embréchites rubanées* sont les plus fréquentes, dans l'Oudalan (migmatites de Darkoye), mais on observe aussi un bel affleurement au Sud de Baghsalogo, près de Dofènegha-Tansègha. Les éléments colorés (hornblende verte et quelquefois biotite) sont alignés et séparés par des bandes parallèles d'éléments blancs; la roche contient souvent des enclaves mésocrates d'amphibolite feldspathisée.

Les *embréchites œillées* ou *rubanées* peuvent être reprises par de nouvelles venues feldspathiques mais, au lieu des anatexites classiques, on observe plutôt des *granites migmatiques* composés d'une trame embréchitique et d'un réseau de filons irréguliers. Ce faciès, commun dans les migmatites intra-batholitiques, n'est pas très fréquent dans les migmatites péri-batholitiques.

A la fin de la migmatisation se situent les *granites à enclaves*, très fréquents (1). Les enclaves sont formées de roches analogues à la diorite, riches en biotite et en amphibole; au microscope, elles présentent la texture grenue, souvent orientée. Elles sont souvent fusiformes, quelquefois ovoïdes; leurs dimensions varient de quelques centimètres à quelques kilomètres. Le granite qui renferme des enclaves est souvent lui-même une granodiorite.

Les roches endomorphes

Ainsi que nous l'avons vu plus haut, les roches métamorphiques basiques sont souvent l'objet d'un phénomène de métasomatose : apport de Si et de K, départ de Ca, Fe, Mg, à l'échelle atomique ou ionique; ceci se traduit par l'apparition de la séricite, du microcline, du quartz; l'amphibole fait place à la biotite; le plagioclase ne change pas sensiblement. On peut observer les faciès suivants, en allant des plus basiques aux plus acides :

Diorite : roche à andésine et amphibole; pas de quartz ni de microcline (Kalomba);

Diorite quartzique : à amphibole ou à amphibole et biotite : apparition du quartz, puis de la biotite (Vousnango, Tioké, Pétogo, Koulponsogo).

Granodiorite : un peu de microcline ; le plagioclase reste l'andésine : Niogotenga (province de Koupèla), Bini.

Granites calco-alcalins : à amphibole, à amphibole et pyroxène, à biotite et amphibole (Louda, Zinimbéogo, Toyordin, Gangaol, Guienghé, Boulsi, Kougri, Abchouya); le microcline est plus abondant, le plagioclase est l'andésine ou l'oligoclase; seules la proximité des roches basiques et la présence d'enclaves mésocrates généralement ovoïdes font soupçonner l'origine endomorphe de ces granites.

ENDOMORPHISME ET MIGMATISATION

Au voisinage du petit massif amphibolique de Bini, on observe tantôt des migmatites et tantôt des granodiorites. Mais ceci est un fait exceptionnel : en général, migmatites et roches endomorphes se présentent comme des phénomènes différents et séparés sur le terrain.

Toutefois, la différence n'est pas fondamentale, et la distinction est quelquefois imprécise. Migmatisation et endomorphisme débutent tous deux par la formation d'ectinites métasomatiques (amphibolites feldspathiques). Lorsque, par la suite, l'apport s'est fait sous forme très dispersée, les feldspaths de néoformation apparaissent disséminés dans la roche : c'est l'endomorphisme;

1. Toutefois, une partie des granites à enclaves provient de l'endomorphisme et non de la migmatisation.

lorsque l'apport s'est fait en masse, les feldspaths de néoformation apparaissent en filons plus ou moins importants : c'est la migmatisation. Mais on conçoit qu'il puisse y avoir des cas intermédiaires entre ces deux extrêmes : la limite serait une roche dont l'apport serait plus grossier que celui d'une roche endomorphe et plus fin que celui d'une migmatite : les feldspaths peuvent être alignés en apparence de filons très ténus, mais séparés les uns des autres.

La différence de comportement du granite baoulé à l'égard des roches basiques est probablement due à des différences de conditions physiques (température, pression, profondeur); avec les schistes et micaschistes, je n'ai pas observé de roches provenant indubitablement de l'endomorphisme : le contact granite-schistes est soit net, soit migmatitique.

II. - Les granites en massifs circonscrits

Les granites en massifs circonscrits du centre et du Nord de la Haute-Volta présentent des faciès assez variés; aussi leur étude offre-t-elle un certain intérêt bien qu'ils n'occupent pas une très grande surface sur le terrain.

SITUATION DES MASSIFS

On remarque sur la carte que quelques batholites sont intrusifs soit dans les granites baoulés soit dans les formations métamorphiques, mais la plupart sont situés à la limite des granites baoulés et des séries métamorphiques (dans une zone qui présentait sans doute moins de résistance à leur intrusion).

Au point de vue de leur répartition géographique, on peut distinguer quatre bandes allongées NW-SE :

1) Dans le coin Sud-Ouest, il n'y a pas de batholites intrusifs dans le cercle de Dédougou, et ils sont rares dans les cercles de Tougan, Ténado, Koudougou et Ouagadougou (superficie totale : 18 000 km²);

2) La bande suivante comprend l'Yatenga, les cercles de Kongoussi, Yako, Kaya (subdivision Sud) et le Ganzourgou (superficie totale 27 000 km² environ); les batholites intrusifs y sont très nombreux (au total neuf batholites reconnus, sans compter les roches alcalines);

3) Une nouvelle bande NW-SE couvre environ 30 000 km², avec le cercle de Djibo (sauf le canton d'Aribinnda), la subdivision de Baghsalogo, le Liptako, les cercles de Boulsa, Bogandé, Koupèla et Fada Ngourma; elle ne comprend pas un seul batholite circonscrit;

4) Enfin, au Nord-Est, l'Oudalan et la canton d'Aribinnda couvrent environ 9 000 km²; les granites en massifs circonscrits y sont particulièrement nombreux, mais, pour la plupart, ce sont des granites alcalins; aussi seront-ils étudiés plus loin.

Caractères généraux

Les granites en massifs circonscrits ont été définis en A.O.F. par L. BODIN (1951) qui leur a attribué les caractères suivants :

Gisement.....	discordant
Auréoles	très réduites
Migmatites.....	absentes

Composition du massif	homogène
Structure de la roche.....	grenue plagiomorphique
Texture de la roche	massive
Déformation de la roche	traces
Types pétrographiques dominants	granodiorite, granite akéritique
Tendance chimique (d'après la teneur en alcalins)	sodique

L'étude de L. BODIN portait sur 27 roches grenues de gisement connu (dont 6 provenant de Haute-Volta) et sur 42 roches de gisement douteux, dont 17 provenant de Haute-Volta (il faut y ajouter 21 roches microgrenues dont 3 provenant de Haute-Volta).

Mes études comportent une soixantaine de lames minces réparties sur une surface beaucoup plus petite; aussi suis-je à même de préciser quels sont ceux de ces caractères qui s'appliquent le mieux aux batholites de Haute-Volta.

GISEMENT

Le gisement discordant, « à l'emporte-pièce », est un caractère fondamental, mais il n'est pas toujours observable.

AURÉOLES

Les auréoles de métamorphisme de contact autour des batholites circonscrits sont très petites et probablement souvent absentes (1). Mais, en Haute-Volta, les auréoles des granites baoulés sont également fort rares. Aussi, leur présence ou leur absence ne peuvent-elles pas servir de critère.

Un contact faillé n'a été observé qu'à l'ouest du massif de Déou, mais il n'est pas impossible qu'il en existe d'autres.

MIGMATITES

Les migmatites sont typiquement absentes des granites en massifs circonscrits. Comme exception, je ne peux citer qu'une agmatite d'amphibolite, en bordure du massif de Déou, à 6 km au Sud-Est de ce village. Nous pouvons donc dire que tous les granites migmatiques sont des granites baoulés, mais la réciproque n'est pas vraie : en beaucoup d'endroits, les granites baoulés ne sont pas migmatiques.

HOMOGÉNÉITÉ

Si l'on prend le mot « homogène » dans son sens étymologique (même origine), on peut valablement opposer les granites en massifs circonscrits aux granites baoulés : ceux-ci sont composés, en effet, d'éléments d'origines différentes (« granites hybrides »). Mais, si l'on prend le mot « homogène » dans son acception courante (composition identique en tous points), les massifs circonscrits ne sont homogènes qu'en première approximation. En effet :

a) *Homogénéité des massifs.*

Comparés aux granites baoulés, les granites en massifs circonscrits semblent homogènes : les affleurements sont souvent nombreux et, sur quelques kilomètres, on peut en observer des

1. On ne peut être certain de l'absence des auréoles; en effet, la discontinuité des affleurements masque peut-être une auréole très mince.

dizaines ayant le même aspect extérieur, la même composition, la même texture, etc. Toutefois, on peut trouver :

— une différence de texture : le granite du batholite de Tibo est tantôt largement grenu et tantôt porphyroïde;

— une différence de composition : le batholite de Sérédin (canton de Téma) est composé de granite monzonitique à muscovite et chlorite à Diéré et de granite monzonitique à biotite et chlorite à Sérédin; à Kondin, il est akéritique. Le batholite du Sud du cercle de Kaya comprend un granite monzonitique à biotite (Ouapogho), un granite akéritique à biotite (Sabouri), un granite akéritique à amphibole et chlorite (Sambogha) et un granite akéritique à biotite et épidote (Foulla). Ce sont donc des batholites composites.

b) *A l'échelle de l'affleurement.*

Beaucoup d'affleurements de granites en massifs circonscrits sont caractérisés par l'absence totale d'enclaves mésocrates, de filonnets d'aplite et de pegmatite, et même de roches microgrenues. Toutefois, cet aspect homogène n'est pas général : on observe, dans le batholite de Saria, des filonnets aplitiques et pegmatitiques, et des enclaves surmicacées; dans le granite de Nakoalba, des enclaves mésocrates; dans le batholite de Somnayalaga (à l'est de Séguenega), des enclaves de granite baoulé; dans le batholite de Pétoye-Kolèl, des enclaves microgrenues.

Au sujet des enclaves, il y a deux différences avec celles des granites baoulés : tout d'abord, elles sont ovoïdes, alors que, dans les granites baoulés, les enclaves sont souvent fusiformes. En second lieu, les enclaves de *roches microgrenues* n'ont été observées que dans les granites en massifs circonscrits; leur présence a été signalée récemment dans le Massif Central français par J. DIDIER et M. ROQUES (1959) qui leur attribuent une grande importance génétique, et M. ARNOULD (1961) en fait un critère fondamental dans la distinction des granites concordants et des granites discordants; mais, en Haute-Volta, elles semblent assez rares (1).

TEXTURE

L. BODIN (1951) attachait une grande importance à la « structure grenue plagiidiomorphique » qui, selon lui, est caractéristique. Il est exact que les plagioclases sont normalement automorphes dans les granites calco-alcalins en massifs circonscrits. Mais, on trouve souvent des plagioclases automorphes en plus ou moins grande quantité dans les granites baoulés : ils deviennent quelquefois si nombreux que l'on observe une véritable texture plagiidiomorphique, surtout si le granite n'est pas migmatique. Il faut donc employer avec précaution le critère de la texture.

STRUCTURE

Ces granites ont subi très peu de déformations, aussi bien pendant leur mise en place que par la suite; ils ne sont pas orientés ni cataclasés, et même fort peu diaclasés. Du fait de leur structure massive, ils résistent bien à l'érosion et constituent souvent des coupoles genre « ballon » ou des amoncellements; toutefois, ce caractère est commun avec quelques granites baoulés et la plupart des granites alcalins.

1. Toutefois, d'après M. ARNOULD (communication verbale), les enclaves microgrenues sont souvent peu nombreuses sur un affleurement granitique, et, n'ayant pas eu l'attention attirée par ce problème avant d'avoir connaissance de l'hypothèse de J. DIDIER et M. ROQUES, j'ai pu quelquefois ne pas les remarquer.

TENDANCE CHIMIQUE

L. BODIN (1951) attirait l'attention sur le caractère plutôt sodique des granites en massifs circonscrits qu'il venait d'étudier, les types pétrographiques dominants étant le granite akéritique et la granodiorite. Ainsi que nous allons le voir, la composition des granites est beaucoup plus variée en Haute-Volta : elle va des diorites quartziques aux granites monzonitiques assez potassiques (à muscovite, par exemple). Aussi, la tendance sodique est-elle beaucoup moins nette, et, à ce point de vue, il n'y a pas de différence avec les granites baoulés.

COMPOSITION MINÉRALOGIQUE

Le quartz est abondant, xénomorphe.

Le microcline, xénomorphe, est plus ou moins perthitique. L'orthose est exceptionnel. Les plagioclases, automorphes, sont souvent zonés, et d'autant plus qu'ils sont plus basiques (mais leur basicité ne va jamais jusqu'au labrador). Ils sont parfois séricitisés ou saussuritisés. La myrmékite est rare ou absente.

Les minéraux essentiels (biotite, muscovite, hornblende, chlorite, épidote, etc.) varient avec le type pétrographique de la roche. Au sujet des minéraux accessoires, on remarque que le sphène et le zircon sont fréquents. Celui-ci est souvent gros et quelquefois cristallisé en dehors de la biotite. L'apatite est aussi, généralement, plus abondante que dans les granites baoulés. Le minerai est habituellement lié à la biotite ou aux minéraux colorés.

Classification

J'utilise la classification chimico-minéralogique d'A. LACROIX (1933). La grande famille des granites étant définie par les paramètres $p = I$ ou II (cougholites $> 62,5 \%$)

et $q = 3$ ou 4 ($\frac{1}{7} \leq \frac{Q}{F} \leq \frac{5}{3}$) A. LACROIX distingue d'abord deux groupes :

les granites alcalins, pour lesquels $s = 1$ ($\frac{K_2O' + Na_2O'}{CaO'} > 7$) (1);

les granites calco-alcalins, pour lesquels $s = 2$ à 5 .

La classification de ces derniers est basée essentiellement sur le rapport $\frac{Or}{Pl}$ (2) :

$\frac{Or}{Pl} > \frac{5}{3}$: granites potassiques ($r = 2$ ou 3 ; $s = 2$);

$\frac{3}{5} < \frac{Or}{Pl} < \frac{5}{3}$: granites monzonitiques ($r = 2$ ou 3 ; $s = 2$ ou 3);

$\frac{1}{7} < \frac{Or}{Pl} < \frac{3}{5}$: granites calco-sodiques ($r = 2$ ou 3 ; $s = 3$ ou 4);

$\frac{Or}{Pl} < \frac{1}{7}$: diorites quartziques ($r = 2$ ou 3 ; $s = 4$ ou 5).

1. Oxydes alcalins et chaux des feldspaths, exprimés en millimolécules.

2. Orthose et plagioclase virtuels.

A. LACROIX rattachait également aux diorites quartziques les roches ($r = 4$ ou 5 ; $s = 4$ ou 5) qui, étant donnée la basicité de leur plagioclase, devraient plutôt être appelées «gabbros quartziques».

Enfin, les granites calco-sodiques sont divisés en granites akéritiques ($r = 2$) et granodiorites ($r = 3$).

Peu après cette publication, R. FREY (1937) faisait connaître une méthode pratique pour représenter graphiquement la classification de LACROIX. Il s'agit d'un diagramme triangulaire portant sur les proportions moléculaires de potasse, soude et chaux des feldspaths ramenées à 100. C'était une idée très intéressante, mais, en même temps, l'auteur proposait divers amendements à la classification de LACROIX : il supprimait la limite $\frac{Or}{Pl} = \frac{3}{5}$ mais conservait la limite $\frac{5}{3}$ et, en outre, il tenait compte de la composition du plagioclase virtuel :

Albite ($An \leq 10\%$) : granite alcalin, quel que soit s ;

Oligoclase ($10 < An \leq 30\%$) : granite akéritique si $s = 4$;

Andésine ($30 < An \leq 50\%$) : granodiorite si $s = 4$.

Les idées de R. FREY ont l'avantage d'être utilisables pour la classification des granites d'après l'examen microscopique, mais, pour toutes les roches dont j'ai l'analyse, je me référerai uniquement à la classification de LACROIX, tout en employant le diagramme triangulaire KNC pour la présentation. Les deux classifications sont d'ailleurs peu différentes.

Différents types

LES GRANITES MONZONITIQUES.

Ces roches dans lesquelles le feldspath potassique est en quantité équivalente au plagioclase sont très fréquentes. La texture elle-même est souvent monzonitique, c'est-à-dire que le microcline englobe pœcilitiquement les plagioclases automorphes. La texture porphyroïde est plus fréquente que dans les types plus sodiques, mais il ne s'agit que d'une variation locale dans certains massifs (Tibo, Doudou, Rassamtoumdé) : aucun batholite n'est entièrement porphyroïde.

Le granite de Diéré (canton de Téma) est caractérisé par son quartz automorphe et la présence de muscovite, associée à un peu d'épidote. La nature du plagioclase (andésine acide) et l'absence de perthite accentuent encore le caractère peu sodique de la roche. Le granite leucocrate de Hoka ne contient, comme éléments colorés, que de rares lames de hornblende verte.

Mis à part ces affleurements exceptionnels, la *biotite* est toujours présente. Elle est souvent très pléochroïque et zirconfère. Le sphène et l'apatite sont fréquents; l'allanite n'est pas rare.

Les granites monzonitiques à *biotite seule* ont été observés dans six batholites : Bakou-Bisguy, Ouapogho, Rassamtoumdé, Kinndi, à l'Est de Déou et à l'Ouest de Saba (Oudalan). Ailleurs, la *biotite* est associée à :

- La *hornblende verte* : Koakin (canton de Mané), Beldiabé;
- La *chlorite* : Sérédin (canton de Téma), Tibo-Solé;
- La *chlorite* et l'*épidote* : Lantagha;
- La *chlorite* et la *hornblende verte* : Somnayalaga;
- La *chlorite*, l'*amphibole* et l'*épidote* : Doudou, Bonga.

LES GRANITES AKÉRITIQUES.

Ces granites sont souvent plus finement cristallisés que les précédents et la structure porphyroïde est rare.

La *muscovite* est exceptionnelle (Bonga) : on trouve plus fréquemment des minéraux colorés tels que la *biotite*, la *chlorite* ou l'*amphibole* :

— La *biotite* : batholite de Zamo, Kondin, Somnayalaga, Sabouri, Est de Kolel. Dans le batholite de Zamo, le feldspath potassique est localement l'*orthose* et non le microcline, mais il est plus ou moins complètement albitisé, ce qui justifie le classement de la roche dans les granites akéritiques;

— La *chlorite* : un seul affleurement, entre Gâ et Zéghednogh;

— La *biotite*, la *chlorite* et l'*amphibole* (Béguentigué); la *biotite*, la *chlorite* et, accessoirement, l'*allanite* (Lossa) (granite porphyroïde); ce sont des faciès locaux du batholite de Tibo;

— La *biotite* et la *hornblende verte*, Sud-Est d'Imiougou (canton de Riziam); Nord d'Imiougou (canton de Boussouma); batholite de Mané (Nakoalba, Tanlargo, Koakin);

— La *chlorite* et la *hornblende verte* : Sambogha (d'après sa composition minéralogique et ses paramètres, cette roche est à la limite d'un granite akéritique et d'une granodiorite);

— La *biotite* et l'*épidote* : Est de Foulla (cette roche est, sur le terrain, voisine de la précédente, et, malgré une composition minéralogique différente, sa composition globale est très analogue); mise à part la présence d'un peu d'*allanite*, le granite de Béléoulo ressemble beaucoup à celui de Foulla; il contient des enclaves mésocrates ovoïdes de structure grenue plus fine (mais non microgrenue) et de composition minéralogique très voisine (la seule différence concerne le quartz qui est beaucoup moins abondant dans les enclaves);

— La *biotite*, la *hornblende verte* et l'*épidote* : Bis Palgha (Est de Sabsé).

LES GRANODIORITES.

Peu abondantes dans la région qui nous intéresse, elles n'ont été observées que dans les cercles de Koudougou et d'Yako. Ce sont des roches largement grenues, presque porphyroïdes. Le quartz, à tendance granulitique, est assez abondant. L'andésine automorphe, saussuritisée ou damouritisée, domine nettement le microcline perthitisé. Les éléments colorés sont :

— La *biotite*, la *chlorite* et la *hornblende verte* : Noussou;

— La *chlorite* et la *hornblende* : Tinndila;

— La *biotite* seule : Saria (celle-ci est très leucocrate).

LES DIORITES QUARTZIQUES.

Ces roches qui affleurent dans le cercle de Kongoussi et dans l'Yatenga ne diffèrent des granodiorites que par l'absence du feldspath potassique. Les minéraux colorés peuvent être :

— La *biotite* : Koulinié;

— La *biotite* et l'*amphibole* : Vousnango, batholite de Goghré;

— La *biotite*, la *chlorite* et l'*allanite* : Béguentigué (porphyroïde ou largement grenu, c'est un des faciès du batholite de Tibo).

Endomorphisme des granites en massifs circonscrits

La composition minéralogique des granites en massifs circonscrits a tendance à être influencée par le milieu environnant : les granites les plus potassiques (Diéré, Rassamtoumdé, Bakou-Bisguy, Beldiabé, Saba, Doudou, Tibo) sont intrusifs soit dans des schistes, soit dans des granites baoulés; les granodiorites et les diorites quartziques (Tinndila, Koulinié, Goghré, Bis Palgha) sont intrusifs dans les régions de roches basiques et de tufs (1). On remarque aussi que, dans un même massif, celui de Tibo, la roche est plus calcique au Sud-Ouest où elle arrive au contact des roches basiques, qu'au Nord-Est où elle est au contact du granite baoulé; de même, dans le batholite de Kondin-Sérédin, le granite ne devient très alumineux (à muscovite) qu'au voisinage du granite baoulé (Diéré).

Ces variations, jointes au fait que l'on observe assez fréquemment des enclaves mésocrates dans les granites en massifs circonscrits, laissent penser que leur mise en place ne s'est pas faite d'une façon aussi brutale que leur allure « à l'emporte-pièce » le ferait croire au premier abord; ils proviennent vraisemblablement de la remobilisation du matériel préexistant.

III. - Les roches microgènes

CARACTÈRES GÉNÉRAUX.

Gisement.

Quelques roches microgènes se présentent en *filons* subverticaux, de plusieurs mètres de puissance : Est de Loundro, de Sorodin et de Sian ; S.S.E. d'Ouahigouya de Boussouma ; entre Moussaye et Markoye. Mais, la plupart du temps, ce mode de gisement ne peut pas être observé.

On trouve aussi les roches microgènes en *affleurements* isolés : Nord de Réo, Est de Pélé; voire en *collines* (Ouest de Péokoye).

Enfin, *rarement*, j'ai observé des roches microgènes en *enclaves* dans des granites en massifs circonscrits : (Goghré, Zamo); J'insiste sur le caractère *exceptionnel* de mes observations dans la région qui nous intéresse. En Côte-d'Ivoire, au contraire, M. ARNOULD (1961) signale ce fait comme *très général*.

Outre ce cas particulier, on remarque qu'un certain nombre de filons microgènes sont apparemment en liaison avec des granites en massifs circonscrits : batholites de Zamo, de Pitenga, de Tibo, Ouest de Massa, Tinsé. Mais il ne faut pas en faire une règle générale : en effet, beaucoup d'autres ont été observés soit dans les granites baoulés (Nord de Réo, Nord-Est de Bisri, Koué-komba, Sud de Nobieul, etc.), soit, très souvent, dans les régions métamorphiques (Est de Sorodin, Quinntini, Pélé).

Il est certainement exagéré de prétendre, comme le fait L. BODIN (1951) que les roches microgènes sont nécessairement des « satellites » des granites en massifs circonscrits et de

1. Il y a cependant une exception : la granodiorite très leucocrate de Saria n'est environnée que par des granites baoulés.

supposer l'existence d'un batholite sous-jacent chaque fois qu'on observe un microgranite. Sans chercher d'explication à ce fait, nous nous bornons à constater qu'il existe des pointements de roches microgrenues dans des régions granitiques de caractère baoulé, et loin de tout batholite circonscrit connu.

Aspect macroscopique.

Ce sont des roches gris-vert ou assez sombres, à grain très fin. On peut facilement les confondre avec des quartzites, des arkoses ou des roches métamorphiques basiques. Toutefois, on remarque souvent la présence de phénocristaux de quartz globuleux, de feldspath ou d'amphibole.

Texture.

Il s'agit d'une véritable *texture microgrenue* et non finement grenue, c'est-à-dire que des phénocristaux, souvent automorphes, de quartz, plagioclase ou amphibole (hornblende verte, actinote) apparaissent dans une pâte ou « mésostase » finement cristallisée. On remarque fréquemment, surtout lorsque le feldspath potassique est présent, l'existence d'une *micropegmatite* de quartz et de feldspath qui peut constituer une proportion importante de la roche.

ETUDE PÉTROGRAPHIQUE.

Les roches microgrenues correspondent aux différents types de granite calco-alcalins qui ont été énumérés précédemment.

Les microgranites monzonitiques.

Ils contiennent une quantité importante de micropegmatite de quartz et de microcline, en quantité équivalente au plagioclase (oligoclase). Le quartz libre est granulitique mais peu abondant. Les minéraux essentiels sont la muscovite et la chlorite, avec, accessoirement, calcite et minéral.

Ces microgranites ont été observés dans la carrière de Kalio et à l'Est de Gouéongo.

Les microgranites akéritiques.

L'oligoclase est plus abondant que le microcline. Le quartz est fréquemment granulitique. Mis à part le type à épidote seule (Ouest de Péokoye), la présence de muscovite est constante :

— Microgranulite à muscovite seule ou à muscovite et chlorite : Sud de Mogotédo, de Bavillers, de Callio, Est de Bonga.

— Microgranite à deux micas : Gorouol Daké, Nord-Est de Bisri;

— Microgranite à biotite, muscovite, et chlorite : Kouékomba;

— Microgranite à chlorite, muscovite et épidote : Diamon Ouairé.

C'est l'examen microscopique qui a permis de déterminer ces roches comme « akéritiques », mais, étant donnée leur richesse en muscovite, elles devraient probablement être considérées comme monzonitiques si l'on en faisait l'analyse. On remarque, dans beaucoup d'échantillons, la présence de calcite assez abondante.

Les microgranodiorites.

L'andésine, souvent difficilement déterminable parce que très saussuritisée, domine largement le microcline. Le quartz est abondant et xénomorphe. Les minéraux colorés sont: l'épidote (entre Kolel et Pétoye), ou la biotite, la chlorite et la hornblende verte (Pitenga; entre Barga et Dinnguila).

Les microdiorites quartziques.

C'est le type de roches microgrenue le plus fréquent dans la région qui nous intéresse. La roche est composée essentiellement de quartz et d'oligoclase ou andésine.

Lorsqu'elle est hololeucocrate, elle peut être appelée : « oligoclasite quartzique » (Goghré, Ouest de Léhourba). Lorsqu'il y a des minéraux colorés, ils peuvent être :

- La zoïsite seule (entre Ouahigouya de Boussouma et Hanwi);
- La zoïsite, l'épidote et la chlorite (Andkanda), (entre Yalgha et Tibtenga);
- La hornblende verte seule : Conan, Ouinntini, Nasemtenga, Sorodin, S.S E d'Ouahigouya (Boussouma); Tounté (Aribinnda), Ouest de Zomkalgha, Nord de Bokin (Mané);
- La hornblende verte, la biotite et la chlorite : Réo (Essosso); outre sa composition minéralogique un peu différente, cet affleurement présente la particularité d'être orienté (hornblende et andésine en phénocristaux orientés).

Les microdiorites.

Signalons, à l'Est de Tourcoingbam, un petit affleurement de microdiorite à épidote.

Les roches alcalines

La séparation entre « roches alcalines » et roches « calco-alcalines » a été choisie de préférence à une séparation plus géologique, parce qu'il est en général plus facile de déterminer si une lame mince contient ou non de l'albite que de rechercher les conditions de gisement d'un massif. Toutefois, ainsi qu'on va le voir, cette distinction n'est pas absolument un non-sens au point de vue géologique, car la plupart des roches alcalines du centre et du Nord de la Haute-Volta se rattachent aux granites en massifs circonscrits et non aux granites à bords diffus.

DÉFINITION.

D'après la composition chimique.

D'après la classification de A. LACROIX (1933), une roche est dite « alcaline » lorsque son paramètre $r = 1$ à $1_{(2)}$, c'est-à-dire lorsque le rapport

$$\frac{K_2 O' + Na_2 O'}{Ca O'} \left(\frac{\text{oxydes alcalins des feldspaths}}{\text{chaux des feldspaths}} \right) \text{ est égal ou supérieur à } 7.$$

Si, en outre, l'inégalité $Al_2 O_3 < K_2 O + Na_2 O$ (en millimolécules) est vérifiée, la roche est dite « hyperalcaline » et le calcul de la composition virtuelle fait apparaître de l'ægryne.

A. LACROIX classe les roches alcalines en trois branches :

— La branche orthosique (1) : $s = 2$ ou 3 , ce qui correspond exactement à :

$$\frac{K_2 O}{Na_2 O} \text{ (en millimolécules) } > 0,6, \text{ et, approximativement à : } \frac{Or}{Pl} > 0,6;$$

— La branche orthosi-albitique : $s = 4$, pour laquelle

$$\frac{K_2 O}{Na_2 O} \text{ (et, approximativement } \frac{Or}{Pl} \text{) est compris entre } \frac{1}{7} \text{ et } \frac{3}{5};$$

1. Le qualificatif « orthosique » est trompeur, car il laisse supposer qu'il n'y a pas d'albite, ce qui n'est pas le cas.

— La branche albitique : $s = 5$, pour laquelle $\frac{K_2O}{Na_2O} < \frac{1}{7}$

Cette distinction purement chimique n'a pas une importance fondamentale.

La rareté ou l'absence de l'anorthite dans le plagioclase peut être due à deux causes :

a) L'insuffisance de Ca. — Dans ce cas, l'excès de Al, en présence de K en quantité suffisante, apparaît généralement sous forme de micas : biotite (et, ou) plus souvent muscovite;

b) L'insuffisance de Al. — Dans ce cas, l'excès de Ca, et éventuellement de Na, se traduit par l'apparition d'augite, d'augite ægyrinique, de hornblende ou, plus rarement, de sphène.

Il est donc essentiel de distinguer, parmi les roches alcalines, celles qui sont hypocalciques de celles qui sont hypoalumineuses.

Au microscope.

Lorsque je n'ai pas eu la possibilité d'évaluer exactement les proportions des divers constituants, je me suis contenté d'une approximation suggérée par R. FREY (1937) : sont considérées comme alcalines toutes les roches contenant de l'albite ($An \leq 10\%$) (1).

Il n'est en général pas possible de préciser, d'après le seul examen microscopique, si une roche est vraiment hyperalcaline : en effet, des minéraux ferri-sodiques tels que la riébeckite, l'ægyrine et surtout l'augite ægyrinique peuvent apparaître alors même que le plagioclase contient une petite quantité d'anorthite : dans la nature, la séparation entre « roches alcalines » et « hyperalcalines » (2) n'est pas aussi tranchée que l'inégalité $Al_2O_3 < K_2O + Na_2O$ le laisserait supposer. Aussi, toutes les fois qu'une analyse n'a pas été faite, la roche a été simplement déterminée comme « alcaline ».

CARACTÈRES GÉNÉRAUX.

En passant en revue les caractères généraux des roches alcalines, nous nous efforcerons de faire ressortir les ressemblances et les différences avec les granites calco-alcalins en massifs circonscrits.

Gisement.

La plupart des batholites alcalins ont un gisement discordant, « à l'emporte-pièce », et ce caractère est souvent mieux observable que dans le cas des granites calco-alcalins, car leur aspect tranche mieux avec celui des roches encaissantes.

Toutefois, quelques rares granites alcalins n'ont pas de contour discordant :

— Le granite à chlorite et biotite, très riche en microcline qui affleure entre Fételkotia et Bamlikédi;

— Le granite porphyroïde à biotite (à microcline et albite) d'Ibogho;

— Le granite à muscovite qui affleure entre Bouandra et Alfiré.

Tous trois semblent des variations localement plus potassiques ou plus sodiques du granite baoulé environnant, et on ne leur connaît pas de contour précis.

1. D'après la classification de Lacroix, une roche à oligoclase acide contenant une assez grande quantité de microcline peut être une roche alcaline (voir diagramme K C N).

2. Je n'ai observé en Haute-Volta aucune roche hyperalcaline présentant un déficit important en silice (syénites néphéliniques par exemple).

Citons aussi la syénite orientée à augite ægyrinique et biotite que l'on peut observer en plusieurs endroits au Sud d'Yabo (Lelkom, Tousma).

Auréoles.

Elles sont exceptionnelles. On remarque seulement, au contact du granite de Tampilgha (Kosgho) et des schistes argileux et tufacés, la présence d'un chloritoschiste à biotite très riche en quartz, à texture très fine, ce qui lui donne un aspect corné.

Migmatites.

Aucune migmatite intra- ou péritholotique n'est associée aux roches alcalines.

Homogénéité.

Aussi bien à l'échelle du massif qu'à l'échelle de l'affleurement, les roches alcalines sont nettement plus homogènes que les granites calco-alcalins en massifs circonscrits. On observe couramment, par exemple à Ibi, à Rio ou à Réga, des granites dont l'aspect reste le même sur plusieurs dizaines de kilomètres carrés : même grain (assez gros), même quartz globuleux, mêmes feldspaths rose, etc. ; au premier examen, on ne remarque aucune enclave mésocrate ou microgrenue, aucun filonnet d'aplite ; ce sont véritablement des granites qui peuvent être appelés « intrusifs » en ce sens que leur composition est totalement étrangère au milieu extérieur.

Toutefois, cette homogénéité présente des exceptions :

a) le batholite de Tanlargo-Nakoalba est alcalin dans sa partie Est et akéritique dans sa partie Ouest (il s'agit essentiellement d'une faible variation dans la teneur en anorthite du plagioclase, avec, simultanément, apparition de hornblende verte dans la partie alcaline et de biotite dans la partie akéritique) ;

b) on observe une aplite syénitique en filon dans la syénite de Zoungou-Tanségha ;

c) dans le gneiss syénitique de Salabo, au Sud d'Yabo, on remarque quelques filonnets feldspathiques et pegmatitiques ;

d) le granite d'Aribinnda est le plus hétérogène : on y observe de très nombreux filons pegmatitiques et aplitiques, des enclaves surmicacées et même des enclaves énallogènes (dolérite gneiss). Chose curieuse, cette hétérogénéité ne s'étend pas aux autres granites alcalins du canton d'Aribinnda (Guesselna, Guéléha).

Texture.

A la différence des granites calco-alcalins en massifs circonscrits, les roches alcalines présentent exceptionnellement la texture grenue plagiidiomorphique. La texture est, le plus souvent grenue large, équante, et quelquefois porphyroïde (Silmidougou).

Structure.

Plus encore que les granites calco-alcalins, les roches alcalines en massifs circonscrits présentent une *structure massive* : très peu diaclasées, elles résistent bien à l'érosion.

On n'observe d'orientation que dans deux syénites à augite ægyrinique : dans l'une d'elles Zoungou-Tanségha, ce sont surtout les feldspaths qui sont orientés ; l'autre (Yabo-Lelkom) présente l'aspect d'un véritable gneiss, ce qui est dû à la disposition des pyroxènes dans des plans parallèles.

CLASSIFICATION.

Nous distinguons, parmi les roches alcalines, des *granites* et des *syénites*. Dans chacune de ces deux familles, nous séparerons un groupe *hypocalcique* et un groupe *hypo-alumineux*. Renonçant à la division en branches orthosique, orthosi-albitique et albitique, je classerai les roches de chaque groupe d'après la nature des minéraux essentiels : chlorite, biotite, muscovite, etc. Enfin, nous aborderons les *roches microgrenues* qui sont très peu nombreuses.

Les granites alcalins

GRANITES HYPOCALCIQUES.

Ce sont des granites hololeucocrates, riches en quartz, contenant souvent de la muscovite moins souvent de la biotite et rarement de la chlorite.

Granites à biotite.

Le granite porphyroïde à biotite d'Ibogho est vraisemblablement une variation locale des granites baoulés.

Au contraire, le granite à biotite verte de Moussaye constitue probablement un massif circonscrit. L'albite libre est rare, mais le microcline est très perthitisé. Des filons de microgranite alcalin et de tourmaline sont associés à ce massif.

Enfin, le granite de Guesselna, à microcline albitisé, albite et biotite, est proche parent du granite d'Aribinnda.

Granite d'Aribinnda.

Le granite d'Aribinnda constitue l'un des plus grands massifs circonscrits, et, en tout cas le plus grand des alcalins. La roche est largement grenue. Le quartz est xénomorphe, même en présence de muscovite; il a l'extinction roulante et est souvent brisé. Le microcline est limpide ou plus ou moins perthitisé suivant les échantillons. L'albite An 4 à 9 est limpide ou séricitisée; elle n'est pas automorphe. La biotite est quelquefois très rouge, mais généralement brun-verdâtre. La présence de chlorite est constante, l'épidote est fréquente, la muscovite plus rare (Dala). Accessoirement, on trouve le zircon, souvent gros et abondant, inclus dans la biotite ou non, la fluorine, le sphène, l'apatite. La riébeckite est exceptionnelle.

Le granite d'Aribinnda est souvent traversé par des filonnets et des filons d'aplite et de pegmatite alcalines, mais il ne présente jamais la structure migmatique. Certains filons peuvent être suivis sur une centaine de mètres.

On observe fréquemment des enclaves mésocrates grenues, de forme ovoïde dans le granite; on reconnaît en lame mince les mêmes minéraux que dans le granite, mais les éléments colorés sont beaucoup plus abondants (40 %), sans toutefois être dominants. La biotite est brun-verdâtre, alors que dans le granite certaines lames sont très rouges et très pléochroïques; la chlorite, la fluorine sont aussi abondantes que dans le granite; le minerai est plus abondant, le zircon moins abondant. Ces enclaves peuvent être qualifiées d'« homogènes ».

Il existe également des enclaves énallogènes : 3 km E.S.E d'Aribinnda, j'ai observé une enclave de gneiss rappelant celui de Gomnougoubé qu'elle prolonge sur la carte. J. DELORME signale aussi une enclave de gabbro doléritique dans le granite alcalin, entre Ara et Sirigné; je n'ai pas revu cet affleurement.

Granite à chlorite et biotite.

Le granite qui affleure entre Fételkotia et Bamlikédi (Est de Sikré) est caractérisé par l'abondance de son microcline, un peu perthitisé; l'oligoclase est rare et petit; le quartz est xénomorphe, très abondant, souvent gros. Ce granite ne constitue probablement pas un massif circonscrit.

Granite à chlorite.

Le granite de Pétoye-Kolel ressemble à celui d'Aribinnda; il est tantôt alcalin (microcline faculé d'albite et albite An 6 libre) avec chlorite, tantôt akéritique (oligoclase An 15 dominant microcline) avec biotite. L'alternance chlorite-biotite laisse penser que la composition globale varie peu en ce qui concerne Na, K, Fe et Mg. Seule la teneur en chaux varie.

On remarque que la texture est plagidiomorphique lorsque le plagioclase est l'oligoclase mais non quand il s'agit d'albite.

Ce granite contient de nombreuses enclaves ovoïdes, assez sombres, de microgranodiorite à épидote et hornblende verte. On y observe aussi des enclaves hololeucocrates de microgranite alcalin à mica blanc, et des masses allongées mésocrates (surmicacées) de formes irrégulières pour lesquelles les mots « filons » et « enclaves » sont également impropres.

Granite à deux micas.

Le granite de Kosgho (montagne Tampilgha) a une texture grenue à quartz granulitique. Son microcline, faculé d'albite, est parfois presque entièrement transformé en albite, mais l'abondance des micas témoigne de l'existence d'une quantité de potasse équivalente à la soude; c'est d'ailleurs ce que montre l'analyse.

Ce granite qui constitue un des plus petits massifs circonscrits est le seul autour duquel j'ai observé des cornéennes.

J'ai signalé plus haut la grande homogénéité des massifs d'Ibi et de Rio-Réga. Ce sont de belles roches largement grenues comprenant du quartz en amas ou en gros cristaux, du microcline abondant et limpide, de l'albite en inclusion dans le microcline ou libre, de la biotite chloritisée et de la muscovite.

Granite à mica blanc.

Entre Bouandra et Alfiré, on observe quelques affleurements d'un granite finement grenu à muscovite, où le microcline faculé d'albite domine largement l'oligoclase acide. Bien qu'aucun affleurement ne soit visible à proximité, je pense qu'il s'agit probablement d'un faciès local des granites baoulés.

Les pegmatites à mica blanc sont nombreuses dans le Sud du Ganzourgou (Zoungou, Sacoinsé, Mankarga). Elles sont composées d'albite, de quartz et de microcline; le mica noir, s'il est présent, est largement dominé par le mica blanc; on note parfois la présence de grenat (Sacoinsé). Les affleurements se poursuivent, hors de la feuille Ouagadougou, au Sud de Mankarga (Tamena, Ibogho).

Le granite qui affleure à 15 km à l'Est de Gaongho s'apparente aux précédents, mais il est plus riche en albite; une partie de l'affleurement est pegmatitique.

Granites albitisés.

Ces granites ne sont représentés que par un massif, situé à mi-chemin entre Mané et Korsi-

mogho, au Nord-Est du village Tampilgha (1); la texture est largement grenue, avec albite automorphe et microcline, rare et complètement albitisé. Cette importante métasomatose sodique a eu pour corollaire la formation de séricite ou de muscovite qui est présente en plus ou moins grande quantité dans tous les échantillons. Comme minéraux colorés on n'observe qu'un peu de chlorite et le minéral, ou plus rarement, la biotite et la tourmaline.

GRANITES HYPO-ALUMINEUX.

La muscovite est typiquement absente de ces granites qui contiennent au contraire la hornblende verte, l'augite ægyrinique et, plus rarement, la riébeckite, la biotite et la chlorite.

Granites à hornblende verte.

Le granite porphyroïde de Silmidougou constitue un massif elliptique de 15 km de grand axe, remarquablement homogène. Le contact avec les formations encaissantes n'a pas été observé mais les contours sont souvent connus à 100 m près; aucune variation de texture ni de composition n'a été observée en bordure, mais il est évidemment possible que des faciès particuliers à la périphérie du massif soient masqués.

La roche est composée de grands cristaux automorphes (atteignant 5 cm de long) formés d'une association perthitique de microcline et d'albite. Ces deux feldspaths existent aussi en cristaux indépendants; on trouve également de petits cristaux de plagioclases automorphes, inclus dans de grands cristaux de microcline. Tous ces feldspaths sont peu séricitisés. La hornblende verte en petites lames, est abondante; le quartz n'est pas très abondant.

Le granite de Tanlargo-Nakoalba s'apparente au précédent (présence de hornblende verte), mais la texture est grenue et non porphyroïde; le microcline est moins abondant et il n'est pas perthitisé (ou très peu). La biotite est présente en petite quantité au Nord-Ouest de Nakoalba (où elle est accompagnée par le grenat); à Kougsabla (Nord d'Imiougou), elle devient prépondérante. Rappelons que ces granites passent plus à l'Ouest (Koakin, Nakoalba) à des granites monzonitiques et akéritiques à biotite et hornblende verte.

Il n'est pas certain que ces granites assez disparates forment un massif circonscrit. Les principaux arguments que l'on peut invoquer en faveur de l'une ou l'autre hypothèse sont les suivants :

- *Granite en massif circonscrit* : absence d'orientation, texture à tendance plagidiomorphe;
- *Faciès de variation des granites baoulés* : hétérogénéité du massif, nombreuses enclaves mésocrates à Nakoalba.

Granite à ægyrine et riébeckite.

Peu éloigné de Nakoalba, le granite de Sadba constitue un massif assez petit (environ 25 km²), remarquable par ses beaux amoncellements.

La texture est grenue et assez fine. Le quartz n'est pas très abondant. On observe quelques cristaux indépendants de microcline et d'albite, mais ces deux feldspaths sont surtout présents sous forme de perthite qui forme la plus grande partie de la roche.

L'ægyrine, en belles lames, n'a pas la couleur verte habituelle: elle est jaune-brun pâle et assez peu pléochroïque; mais ses autres caractères permettent de la déterminer : polarisation

1. Eviter de confondre avec la montagne Tampilgha, précédemment citée, à l'Ouest de Kosgho, et avec les filons de quartz de Tampilgha, au Sud de Kargo.

dans les teintes du 2^e ordre, allongement négatif, angle d'extinction très petit. La différence de coloration est peut être due à la présence d'impuretés en petite quantité dans son réseau cristallin. L'ægyrine est parfois absente, mais la riébeckite en fines aiguilles bleu-violacé est toujours présente. Accessoirement : sphène, zircon, calcite, magnétite, fluorine, quelquefois biotite et chlorite en petite quantité.

Enfin, on remarque, dans deux plaques minces, la présence de quelques lames d'un minéral présentant tous les caractères du mica blanc. L'association de l'ægyrine et de la riébeckite avec le mica blanc semble anormale; cependant, il n'y a pas d'incompatibilité si nous supposons que ce mica est la lépidolite (seul mica blanc dont la composition : $(K, Li)_2 (F, OH)_2 Al_2 Si_3 O_9$ ne correspond pas à un excès d'alumine) (1). L'analyse chimique globale de la roche semble confirmer cette hypothèse : présence de fluor et de lithium; cependant, *elle ne tranche pas la question* à proprement parler car le lithium est en très petite quantité ($Li_2 O = 0,02 \%$), et le fluor dosé provient en partie de la fluorine. Il faudrait pouvoir isoler le minéral en question et l'analyser. Ceci n'a pas été fait car il est peu abondant et les échantillons de la collection n'étaient pas assez gros.

Granites à augite ægyrinique.

A 1,5 km au Sud d'Yabo, on remarque quelques affleurements d'une roche assez sombre, très orientée (presque un gneiss) où l'on distingue au microscope du microcline en quantité équivalente à l'albite, tous deux très frais, du quartz en amas très abondant et de très nombreuses lames orientées d'ægyrine vert sombre très pléochroïque.

Ce granite alcalin (probablement hyperalcalin) peut être comparé à la syénite orthosique à augite ægyrinique de Zoungou-Tanséggha, qui est également orientée.

A 1 km N.NO de Tousma, c'est-à-dire à une dizaine de kilomètres d'Yabo, affleure un granite orienté, finement grenu, où l'albite xénomorphe est abondante, alors que le microcline est petit, rare et limpide. Le quartz est abondant et fin. L'augite ægyrinique, orientée, est accompagnée d'un peu de biotite, de beaux cristaux de zircon, un peu d'épidote, grenat rare et minéral.

Ce granite a une composition très voisine de la syénite de Lelkom qui sera citée plus loin.

Les syénites alcalines

SYÉNITES HYPOCALCIQUES.

Albitite.

Une albitite, roche hololeucocrate composée d'albite en grands cristaux automorphes avec peu de quartz et très peu d'épidote et de sphène, a été observée à Niogotenga (Sud de Soubeigha). Des roches de composition analogue sont visibles dans le même batholite, à Ouagoulé et à Gandé (mais l'épidote y est remplacée par la hornblende verte, aussi peu abondante). Il n'y a pas de feldspath potassique mais l'albite est très séricitisée.

Ce type sodique constitue une variation importante du batholite de Korsimogho-Zigha qui est déjà assez disparate; il est possible qu'une étude plus détaillée permette d'y distinguer des venues successives.

1. Rappelons que la muscovite $K Al_3 Si_3 O_{10} (OH)_2$ contient trois atomes Al pour un atome K, alors que la lépidolite ne contient qu'un atome Al pour un atome de métal alcalin.

SYÉNITES HYPO-ALUMINEUSES.

Branche orthosique.

Au S.SW de Zoungou, entre Tanguin en Tanséggha, on remarque une colline formée d'une roche largement grenue, assez sombre, orientée. Au microscope, on observe de grands cristaux automorphes et orientés d'albite renfermant le microcline en antiperthites tigrées, et de grands cristaux automorphes et orientés de microcline veinulé d'albite. Les deux feldspaths sont très limpides.

L'augite ægyrinique vert-pâle, orientée, est accompagnée d'un peu de biotite vert-sombre, zirconifère. Accessoirement : magnétite, sphène et apatite.

La roche est traversée par un filonnet d'aplite syénitique.

On remarque que cette syénite alcaline est voisine des filons de pegmatite à mica blanc et de greisen (Zoungou, Tanséggha), mais aucune relation n'a été observée entre la syénite et les filons, et, par ailleurs, il existe dans le Sud du Ganzourgou de nombreux filons de pegmatite à mica blanc qui sont fort éloignés des affleurements connus de syénite.

Branche orthosi-albitique.

Le massif d'Ouin, connu des voyageurs sous le nom de « Petite Suisse » est situé de part et d'autre de la route Ouagadougou-Niamey, à l'Ouest de Dapadma. On y observe des amoncellements d'une belle roche, largement grenue, non orientée.

Au microscope, on remarque le microcline abondant, xénomorphe, en perthites tigrées, et l'albite abondante, xénomorphe, parfois en antiperthites. L'ægyrine-augite est accompagnée d'un peu de biotite. Accessoirement : malacon (zircon biaxe avec un moins fort relief), sphène, apatite, fluorine.

Bien qu'elle soit perthitisée et donc moins riche en potasse et plus riche en soude, cette syénite est peu différente de la précédente, mais elle n'est pas orientée.

Branche albitique.

Au Sud-Est d'Yabo, entre Nongofayeré et Lelkom, quelques collines sont constituées par une roche très nettement orientée et litée (d'aspect gneissique) où l'on reconnaît au microscope une grande quantité d'albite limpide, xénomorphe, avec très peu de quartz et de microcline. L'ægyrine-augite, abondante, orientée, est accompagnée de sphène et minéral.

Ce gneiss syénitique (lamboanite) fait partie d'un même ensemble que les granites orientés à ægyrine qui ont été décrits plus haut; mais ils ne semblent pas constituer un massif.

Les roches microgrenues alcalines

Les types sont peu nombreux : je ne connais pas de microsyénites ni de microgranites hypo-alumineux.

MICROGRANITES HYPOCALCIQUES.

Branche orthosi-albitique.

Exceptionnel. Citons le microgranite alcalin à biotite et hornblende verte de Moussaye (Ouest de Markoye).

Branche albitique.

Quelques microgranites sont associés au granite albitisé de Tampilgha. On y observe les mêmes minéraux (quartz, albite, muscovite, chlorite). Une roche analogue a été observée au S.SW de Callio; elle est probablement en relation avec la batholite de Zamo (qui n'est pas « alcalin » mais en partie albitisé).

Enfin, signalons une aplite albitique à hornblende verte et épidote, à Niogossé (Sud-Est de Korsimogho).

Les Plagioclisolites

DÉFINITION.

D'après l'observation microscopique.

Ce sont des roches grenues ou ophitiques (1) composées essentiellement de plagioclase (An 40 à 60 : andésine ou labrador) et de pyroxène. Le quartz peut être absent, ou présent en petite quantité; par contre l'olivine n'a jamais été observée.

D'après la composition chimique.

Ce sont des roches basiques ou neutres ($45 \% < \text{Si O}_2 < 55 \%$), mésocrates (quelquefois à la limite des roches leucocrates), comprenant de 25 à 50 % de pyroxène virtuel.

Le plagioclase virtuel est généralement le labrador (An 50 à 70); on remarque qu'il est plus calcique que le plagioclase réel. Cela tient à ce que l'augite contient une certaine quantité d'alumine qui, dans le calcul, est utilisée pour former de l'anorthite. Il en résulte un petit déficit de silice et l'apparition d'olivine virtuelle, alors que ce minéral n'a pas été observé.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX.

Absence de métamorphisme régional.

Le plus souvent, ces roches ne sont pas métamorphiques. Les minéraux apparaissent très limpides au microscope, et, lorsque la texture est intersertale, elle peut souvent être distinguée à l'œil nu.

Quelquefois, ces roches sont légèrement métamorphisées : début d'ouraltisation des pyroxènes et de saussuritisation des plagioclases. Plus rarement, l'ouraltisation est complète, cependant que les plagioclases sont encore reconnaissables (difficilement). Enfin, exceptionnellement (Sud de Mané), la roche peut être entièrement métamorphisée (faciès « schiste vert », zone des micaschistes supérieurs) et son aspect devient peu différent de celui des gabbros et dolérites métamorphisés de la série de Dacola. On remarque toutefois que les minéraux de néoformation ne sont pas orientés. Ce fait, joint aux conditions de gisement (la roche se présente à l'extrémité d'un filon, en continuité avec des dolérites franches) conduit à interpréter cette altération comme le résultat de l'auto-métamorphisme et non du métamorphisme régional.

Conditions de gisement.

Les plagioclisolites peuvent se présenter en filons, en dykes ou en massifs. Dans le cas d'un

1. Les roches microgrenues sont exceptionnelles.

filon, l'affleurement peut avoir de quelques mètres à une centaine de mètres de large, de quelques décimètres à une cinquantaine de mètres au-dessus du sol, et s'étendre sur plusieurs centaines de mètres ou sur plusieurs kilomètres. La direction d'orientation du filon, nettement visible, est souvent W.NW-E.SE (exemples : filons de dolérite de Houbé à Kougkoulgha, Taparko, Dollé, Sud d'Ouahigouya de Boussouma, Sud de Toyordin et de Bourgou).

Les véritables *dykes*, isolés et typiques, sont rares (Sud de Bagou, Zarankipsi, Tin Tabakat), mais on observe plus souvent de petits pointements isolés dans la pénéplaine (en particulier au Sud d'une ligne Ouagadougou-Imansogo); ils représentent probablement les restes d'anciens dykes érodés.

Les *massifs* montagneux basiques sont nombreux (Ouest de Godo, Nord de Boulcon, Nord-Est de Niangala, Houbandé, Est de Bani, Gountouwala, Kolel). Ils peuvent couvrir plusieurs dizaines de kilomètres carrés. Je ne les ai pas étudiés en détail, et, en particulier, je n'y ai pas distingué plusieurs venues successives.

Étude pétrographique

ROCHES SANS QUARTZ.

Texture grenue.

Ce sont essentiellement des *gabbros*, roches composées de labrador et d'un pyroxène calcosodique qui est, le plus souvent, l'augite, quelquefois le diallage ou la pigeonite. Le grain est généralement gros, quelquefois fin; exceptionnellement la texture peut être porphyroïde (Nord-Ouest de Toyordin). Le minerai est assez abondant; on note assez souvent la présence de pyrite.

Les *gabbros* ordinaires (à augite seule) sont les plus fréquents (Hoka, Nord de Diatou et de Gorom-Gorom, Est de Sikré, etc.). Il existe aussi des :

- *Gabbros* à augite et biotite (Gouba);
- *Gabbros* à augite et hornblende brune (Est de Bani);
- *Gabbros* à augite et hypersthène (Ouest de Gaskinndé et d'Oulfo-Alfa, E.SE de Diatou);

comme l'hypersthène n'est jamais en quantité supérieure à l'augite, il s'agit bien de *gabbros* noritiques et non de *norites*;

— *Gabbros* à augite, hypersthène (ou enstatite) et hornblende brune (Kouni-Kouni, Ouest de la mare Selba).

Enfin, quelques roches ont été déterminées comme *diorites* à pyroxène parce que leur plagioclase est l'andésine (Ouest de Baganapo, Nord des mares Hoka et Tafoulane, massif de Kolel), mais il est probable que si l'on faisait l'analyse, leur plagioclase virtuel contiendrait plus de 50 % d'anorthite.

Texture ophitique.

Les *dolérites* sont plus fréquentes que les *gabbros*; à la différence de ceux-ci, elles se présentent plus souvent en filons qu'en massifs et elles sont plus abondantes au Sud qu'au Nord du 14^e parallèle.

Les *dolérites* ordinaires (à augite seule) sont les plus fréquentes (Houbandé, Yalagatenga, Boulcon, filon de Tawremba-Houmbé, Sud et Ouest d'Ouahigouya de Boussouma, Taparko, Koala, Sud de Toyordin, W.NW de Pèlehonté, Komsilgha, Vipoalogo, Dapouri, etc.).

J'ai observé au Sud de Nyandra une *dolérite* à augite et biotite, et au Sud de Dollé une *dolérite* à hornblende verte contenant de petites quantités de biotite, hornblende brune, augite et épidote.

Lorsque le plagioclase est l'andésine et non le labrador, la roche est désignée sous le nom de *diorite ophitique*. Les minéraux essentiels peuvent être : l'augite (Sud de Bâgou) ou la hornblende verte (Ouest de Kargo); celle de Manéboulli est ouralitisée.

Texture microgrenue.

J'ai observé, au Nord-Est de Tounté, un microgabbro composé de grands cristaux (plusieurs centimètres) de plagioclase séricitisé dans une pâte finement grenue vert sombre. Un autre microgabbro apparaît dans le massif de Gountouwala, mais les phénocristaux y sont beaucoup moins gros.

ROCHES QUARTZIFÈRES.

La présence de quartz est un accident fréquent dans les plagioclasolites; il peut se présenter soit en petits cristaux libres, soit sous forme de micropegmatite de quartz et de feldspath.

Texture grenue.

Des *gabbros quartzifères* (à augite) ont été observés au Nord-Est de Tounté, au Nord d'Yayika et dans le massif de Gountouwala. A Gaskindé, à Tin Akhaïmoud et au Sud de Bani, l'augite est associée à l'hypersthène.

A Pèla (canton de Dacula), on observe un gabbro noritique à orthose. Au Sud de Touka, le gabbro, partiellement ouralitisé, contient un peu de microcline et de quartz libres.

J'ai trouvé des gabbros à micropegmatite entre Koulponsogo et Damkargo-dagha, et près de Tilsio. Quelques gabbros quartzifères sont partiellement ouralitisés (Sud de Gangaol, Nord-Ouest de Markoye). Il en est de même de la *diorite quartzifère* à augite et hornblende verte qui affleure entre Koala et Soula.

La diorite quartzifère de Gassel (Est de Sikré) a une composition assez différente des roches précédentes; elle contient de la hornblende verte et son plagioclase est l'oligo-andésine An 30 très saussuritisée. Il n'est pas certain qu'il faille la rattacher au groupe des plagioclasolites : ses relations avec le gabbro qui affleure à 300 m de là ne sont pas visibles et elle pourrait aussi bien être considérée comme un faciès des granites baoulés.

Texture ophitique.

On remarque, dans le canton de Tougouri, quelques filons de *dolérite quartzifère* : à micropegmatite (Est de Taparko, Sud-Ouest de Tambifaogo) ou à quartz libre (E.SE de Boila).

On peut rattacher à ce groupe un *gabbro quartzifère* à hornblende verte, à structure ophitique (entre Bokin et Niangala) et les *diorites ophitiques* à micropegmatite et augite qui constituent l'essentiel du massif de Houbandé.

Texture microgrenue.

Dans le massif de Gountouwala, j'ai noté la présence d'une microdiorite quartzifère à augite et biotite.

DÉFORMATIONS DES ROCHES CRISTALLINES

Les roches cristallines de Haute-Volta ont subi trois sortes de déformations :

— Orientation des minéraux;

- Déformation des minéraux;
- Mylonitisation.

a) Orientation des minéraux

Dans les granites « baoulés » on observe fréquemment une orientation des minéraux ferromagnésiens. Ce phénomène consiste en une tendance à se disposer non seulement dans des plans parallèles, mais même à s'allonger dans des directions parallèles. Cette orientation est parallèle à celle des formations métamorphiques voisines.

Je n'ai observé aucun phénomène d'orientation dans les roches calco-alkalines en massifs circonscrits. Par contre, les roches alcalines sont affectées en trois endroits au moins : à 3 km E.S.E d'Aribinnda, au Sud et au Sud-Est d'Yabo et dans le massif de Zoungou-Tansegha. Mais si les minéraux colorés (biotite dans le massif d'Aribinnda, pyroxène dans les deux autres) sont bien disposés dans des plans parallèles, il ne semble pas qu'ils soient allongés suivant des directions parallèles. Toutefois, une étude à la platine de Fédoroff serait nécessaire pour préciser cette question.

b) Déformation des minéraux

Le quartz à extinction roulante est commun, aussi bien dans les granites baoulés que dans les massifs circonscrits. Par contre la rupture de cristaux de quartz n'a été observée (exceptionnellement) que dans les granites baoulés : Sud de Baraboullé, Toyordin. En même temps, la biotite et les plagioclases sont flexueux; la biotite est chloritisée.

c) Mylonitisation

J'ai observé à l'Est de Liguidi Manegham une mylonite qui affecte le granite baoulé. La roche a pris l'aspect macroscopique d'un séricitoschiste à chlorite, mais on reconnaît les débris de feldspaths au microscope. Cette fracture, orientée NE-SW, doit être locale car la région est assez calme.

Une autre mylonite est visible entre Gorouolkolé et Nakou, elle affecte également le granite baoulé; elle est verticale et orientée W.NW-E.SE, donc sensiblement parallèle aux affleurements de la série de Bamga. Rappelons que les mesures gravimétriques effectuées sur la route, entre Bani et Dori conduisent à supposer l'existence d'une faille aux environs de Bamga (ce qui expliquerait pourquoi les formations présumées archéennes affleurent en cet endroit). Mais, malgré un levé au 1/50 000, je n'ai pas pu obtenir d'autres indices de cette faille. Si la mylonite de Gorouolkolé-Nakou se prolonge en ligne droite, elle doit traverser la route aux environs de Gangaol ou de Sibilendé, c'est-à-dire en plein dans le massif de roches vertes; ce n'est donc pas l'accident tectonique important qui a fait apparaître la série de Bamga. Mais il est possible, bien entendu, que la faille ne soit pas rectiligne, ou même qu'il y ait plusieurs failles.

Enfin, dans la moitié nord du canton d'Aribinnda, on observe de nombreux affleurements de mylonite qui s'allongent sur plusieurs kilomètres, en particulier entre Bossé et Sirigné. Ces mylonites jalonnent une série de fractures d'orientation N.NE-S.SW, c'est-à-dire parallèles à la tectonique birrimienne et perpendiculaires à la direction dominante des filons de microgranite et de dolérite.

On observe également quelques mylonites sur la bordure sud et ouest du massif de Déou, et une mylonite de gabbro au Nord-Est de Tounté (Aribinnda).

INTERPRÉTATIONS

Relations des roches cristallines avec les phénomènes tectoniques

a) Tectonique de fractures et orogénèse

Dans les cas exceptionnels où nous avons observé des mylonites, il est bien évident que les fractures sont postérieures à la mise en place des roches cristallines, mais rien ne prouve qu'elles sont contemporaines de la tectonique birrimienne. Au contraire, alors que le gabbro de Tounté est affecté par une cassure, je considère, d'une façon générale, les plagioclases non orientées comme postérieures à la tectonique birrimienne. Aussi, dans tout ce qui suit, le mot « tectonique » est-il pris dans le sens d'« orogénèse », en faisant abstraction des phénomènes de fracture qui sont, au demeurant, peu importants dans la région qui nous intéresse, ce qui est probablement dû au fait que les roches cristallines que nous observons actuellement se sont mises en place à une grande profondeur.

b) Granites syntectoniques et granites post-tectoniques

C'est à M. ROQUES (1948) que l'on doit la division des granites de l'Ouest africain en deux grands groupes. Cette idée est reprise par L. BODIN (1951) qui attribue à ses « granites baoulés » une mise en place *syntectonique*, alors que les granites en massifs circonscrits sont dits *post-tectoniques*.

En ce qui concerne les premiers, l'argumentation repose essentiellement sur l'existence d'une « texture granitique schisteuse » (M. ROQUES) (1). L'observation d'un mode de gisement concordant est en accord avec cette hypothèse. Pour les granites post-tectoniques, l'argumentation est évidemment inverse : absence d'orientation et gisement « à l'emporte-pièce ». Cette dichotomie est actuellement admise par l'ensemble des géologues ouest-africains.

Plus tard, L. BODIN (1958) décrit un nouveau type granitique, le type « Saraya », qu'il qualifie de « cinématique tardif ». Il s'agit de granites en feuillets, orientés, à mica blanc et à tendance alcaline. Des granites analogues ont été décrits par M. ARNOULD (1961) sous le nom de « type Ferké »; en Haute-Volta, le granite qui se rapproche le plus de ce type est le granite à mica blanc que l'on peut observer, à l'Est de Gaongho au voisinage des chloritoschistes, mais l'insuffisance des affleurements ne m'a pas permis de me rendre compte s'il se présente en feuillet dans les schistes. Hormis ce cas exceptionnel, les rares granites à mica blanc et à deux micas à tendance alcaline que j'ai décrits présentent une texture équate et ne sont pas allongés en feuillets.

1. « Cette particularité de structure montre que des actions mécaniques se sont exercées sur les granites encore à l'état plastique, donc dans les parties déformables des batholites, considérées comme les plus jeunes » (L. BODIN, 1951, p. 90). La plasticité supposée par cet auteur n'est nullement indispensable, mais l'orientation de la roche conduit à présumer une mise en place *sous tension*.

J'ai conservé jusqu'à présent la classification schématique de M. ROQUES et L. BODIN; en outre, par suite de la nécessité d'assurer une certaine homogénéité dans les légendes des cartes géologiques publiées à Dakar, tous mes granites baoulés sont cartographiés comme « syntectoniques ». Mais si l'on se rappelle qu'un certain nombre de granites baoulés ne sont pas orientés, on peut se demander s'ils sont vraiment « syntectoniques ». Il s'agit essentiellement de granites à biotite (Nanogho, Nariou, Imansogo, Nignon, Morédagha, etc.) à texture grenue ou porphyroïde. Mises à part l'absence d'orientation et une relative pauvreté en enclaves, ils présentent tous les caractères des autres granites baoulés, ce qui nous empêche de les rattacher aux granites post-tectoniques. Aussi je les considère comme des granites qui se sont probablement mis en place en même temps que les granites syntectoniques vrais, mais qui n'ont pas été influencés par l'orogénèse.

Je m'efforcerai d'expliquer ce fait en comparant mes observations avec celles qu'a faites M. ARNOULD dans le Nord de la Côte-d'Ivoire; mais je suis obligé, auparavant, d'aborder la question de l'âge des différentes roches cristallines.

Ages des roches cristallines

Age des plagioclases

Comme je l'ai déjà dit, je considère les plagioclases comme post-birrimiennes : l'absence de métamorphisme général et d'orientation leur donne un caractère nettement plus jeune que les autres roches de la région. La seule question qu'on puisse se poser à ce sujet concerne la limite supérieure de leur âge : sont-elles tarkwaïennes, post-tarkwaïenne, ou intra-paléozoïques? Les séries de Tourcoingbam et de l'Oudalan oriental ne sont pas traversées par des plagioclases, mais leur extension est si petite que cette absence d'observation ne constitue pas un argument. Le « système nigérien » et, plus à l'Ouest, les « grès horizontaux » (au Mali et dans la région de Bobo-Dioulasso) sont percés par de nombreux filons de dolérite; en Guinée, ces venues prennent une grande extension.

Par contre, au Ghana, les géologues britanniques font remarquer que les intrusions les plus nombreuses sont post-tarkwaïennes et pré-Buem, qu'il y a encore quelques intrusions postérieures au Buem et antérieures au Voltaïen, et qu'elles deviennent très rares après le Voltaïen.

Il est donc difficile de dater avec certitude les plagioclases de Haute-Volta; il est probable que les intrusions sont étalées dans le temps, depuis le Tarkwaïen (peut-être même la fin du Birrimien) jusqu'au Dévonien ou au Carbonifère; mais, dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible de distinguer différentes venues. Des mesures d'âge absolu permettraient d'établir leur succession, mais aucun des minéraux de ces roches ne se prête à cette étude.

Age des granites calco-alcalins en massifs circonscrits

Nous avons admis le caractère post-tectonique de ces granites. Il est vain de se demander s'ils sont birrimiens ou post-birrimiens car le sommet du Birrimien n'a jamais été défini avec précision. Par contre, la limite supérieure de leur âge possible doit être recherchée : sont-ils tous anté-tarkwaïens, ou certains d'entre eux peuvent-ils être considérés comme tarkwaïens ou post-tarkwaïens?

Dans le cadre de la région étudiée la seule chose que nous savons c'est qu'ils ne recoupent pas les formations nigériennes : ils sont antérieurs à l'Infracambrien, donc précambriens. Dans l'ensemble de l'Ouest africain, il est exceptionnel de pouvoir observer la superposition des sédiments tarkwaïens sur les granites en massifs circonscrits (1); toutefois, en l'absence de preuve contraire, on admettait jusqu'à présent que tous les granites étaient antérieurs au système tarkwaïen. La découverte par M. ARNOULD (1961) d'un granite tarkwaïen à Windéné (Côte-d'Ivoire) (2) montre que les granites en massifs circonscrits ne sont pas tous du même âge.

Aucune observation, en Haute-Volta, ne me permettant de les dater avec plus de précision, j'ai cartographié sous un même symbole (γ^c) l'ensemble des granites calco-alcalins post-tectoniques, mais il est possible qu'une étude plus complète amène à reconnaître l'existence de plusieurs venues successives dans ce grand groupe.

Age des roches alcalines

La plupart des roches alcalines se présentent en massifs circonscrits non orientés et nous pouvons leur appliquer les conclusions du paragraphe précédent. Le cas des roches orientées mérite un examen particulier. Je rappelle que je les ai observées en trois endroits : E.SE d'Aribinnda, Zoungou-Tanségha et Sud d'Yabo. Les deux premiers de ces affleurements appartiennent à des massifs dont le gisement discordant est évident; dans le cas d'Aribinnda, l'orientation n'apparaît que localement, alors que la plus grande partie du massif n'est pas orientée; en interprétant ce phénomène comme un caractère de bordure, rien ne m'empêche de considérer le granite d'Aribinnda comme post-tectonique, aussi bien que les autres granites alcalins du même canton; à Zoungou-Tanségha, la majeure partie du massif est légèrement orientée, mais il est si petit qu'on peut encore parler d'un caractère de bordure.

Au Sud d'Yabo, par contre, l'orientation est visible sur plusieurs kilomètres; il s'agit d'un véritable gneiss syénitique (lamboanite), aussi orienté que les plus orientés des granites baoulés et, bien que les relations entre les différents affleurements ne soient pas visibles, rien ne permet d'affirmer l'existence d'un massif circonscrit : au contraire, la roche présente des caractères communs avec les granites baoulés : orientation parallèle à celle des roches vertes voisines, présence d'enclaves mésocrates à l'exclusion d'enclaves microgrenues, plagioclases xénomorphes, etc.; par ailleurs la composition de la roche est nettement différente de celle des massifs circonscrits voisins. Dans ces conditions, je considère les roches du Sud d'Yabo comme probablement syntectoniques. C'est le seul exemple, dans toute la région étudiée et probablement en Haute-Volta, de syénite hyperalcaline syntectonique.

Age des granites baoulés

Comme tous les géologues de l'Ouest africain, je considère que les granites baoulés syntectoniques, sont d'âge birrimien; il en est de même des migmatites péritholithiques qui sont manifestement dues à la granitisation de roches métamorphiques birrimiennes dont nous observons d'importants massifs non migmatisés.

1. Citons seulement les observations de D. BONNAULT (1943) et de D. SOULÉ DE LAFONT (1955) au sud de Bondoukou (Côte d'Ivoire).

2. D'après les dernières mesures d'âge absolu (M. BONHOMME, 1961), la différence d'âge entre le granite de Windéné et les granites birrimiens est inférieure à l'erreur absolue probable.

Age des migmatites intra-batholitiques

A la différence des précédents, ces migmatites se présentent en amas allongés ou en panneaux plus ou moins vastes (le plus grand a environ 1 900 km² de superficie). Depuis les travaux de M. ROQUES (1948) (1), elles sont considérées comme résultant de la migmatisation complète de noyaux métamorphiques birrimiens par le granite syntectonique. M. ROQUES admet cependant qu'on peut obtenir des panneaux de migmatite anté-birrimiennes dans les granites syntectoniques; il est malheureusement très difficile de les distinguer des migmatites birrimiennes : « contours parfois nets » dans le cas des migmatites anté-birrimiennes, alors que les autres passent progressivement au granite.

Dès 1950 (2), je remarquais, à la limite des cercles de Ténado, Yako et Tougan, l'existence d'un massif d'embranchites et de diadysite, prolongé, au Nord (cercle d'Ouahigouya) par des granites à enclaves surmicacées pouvant être considérés comme des anatexites, et au Sud-Ouest (Pankélé) par des gneiss ou des granites orientés. Faisant état d'une apparente discordance cartographique entre le « gneiss » de Pankélé (orienté E.NE-W.SW) et l'amphibolite qui affleure entre To et Toma (orientée N.NE-S.SW), j'envisageais un âge archéen (dahomeyen) douteux pour l'ensemble gneiss-migmatite.

A la suite d'une tournée de révision (1953) (3), je pensais qu'il n'y avait pas de discordance dans la région de Toma, mais plutôt une virgation en éventail et je renonçais à l'hypothèse « archéen ».

Il n'en reste pas moins que l'immensité de ce panneau migmatique sans enclaves de roches métamorphiques birrimiennes a quelque chose de surprenant. On peut d'ailleurs en dire autant des migmatites d'Oulfo-Alfa, bien que leur extension soit beaucoup plus réduite.

Récemment, M. ARNOULD (1961) reprend la question en Côte-d'Ivoire. En mettant à part les « migmatites stratoïdes » qui se sont formées aux dépens de la série birrimienne de la Comoé, il considère la plupart des massifs migmatitiques de Haute-Côte-d'Ivoire comme des résidus de « cratons antébirrimiens » (4). Voici ses principaux arguments :

- 1) Analogie de faciès avec les migmatites dahomeyennes du Dahomey et du Togo;
- 2) Degré de métamorphisme plus intense que celui des séries à faciès birrimien;
- 3) Discordances angulaires;
- 4) Quelques enclaves à contour franc;
- 5) Enfin, aucun des granites de la région ne possède d'auréole migmatitique.

M. ARNOULD rejoint ainsi, partiellement, les idées des anciens géologues d'A.O.F. qui considéraient les « granito-gneiss » comme antérieurs au Birrimien. Il signale d'autres exemples de formations antébirrimiennes (granite de la Léraba, ortho-gneiss, etc.) mais elles ont beaucoup

1. *Op. cit.*, p. 612.

2. *Op. cit.*, p. 42.

3. *Op. cit.*, p. 36.

4. « Dû à H. STILLE (1936), *Kraton* vient de *Kratogen* opposé à *Orogen* par L. KOBER (1923) et désigne des zones stables et indurées. Il a été francisé par L. GLANGEAUD (1957 notamment) et son école, et en particulier par J. AUBOUIN (1959).

« La cratonisation, ou consolidation à grande échelle de formations géologiques quelconques, est en général le fait d'une migmatisation ou d'une granitisation. Aussi le mot craton a-t-il pris le sens de bloc sialique rigide » (M. ARNOULD 1961, p. 16).

moins d'importance que les migmatites cratoniques qui subsistent à l'état d'enclaves de toutes dimensions dans les granites baoulés.

Dans quelle mesure les idées de M. ARNOULD peuvent-elles s'appliquer en Haute-Volta?

Tout d'abord, l'argument n° 5 n'est pas utilisable : en Haute-Volta, les granites syntectoniques ont fréquemment des auréoles migmatitiques. Rien ne me permet non plus d'utiliser les arguments 2, 3 et 4, mais cela peut tenir à l'insuffisance de mes observations : je n'ai jamais observé d'enclaves de migmatites à contour franc dans les granites baoulés; la discordance angulaire que j'avais cru remarquer en 1950 est douteuse; enfin, contrairement à ce qu'on observe en Haute-Côte-d'Ivoire, les migmatites intrabatholitiques de Haute-Volta sont des embréchites ou des diadysites, alors que les anatexites sont exceptionnelles, si même elles existent. Il reste l'argument n° 1 (similitude de faciès) qui, à lui seul, est insuffisant pour dater nos panneaux migmatitiques.

En conséquence, conformément à l'hypothèse de M. ROQUES, toutes les migmatites intrabatholitiques ont été cartographiées « migmatites birrimiennes ». Cependant, je n'ai nullement démontré l'inexistence de cratons antébirrimiens : leur existence est, au contraire, très vraisemblable. On peut envisager un âge antébirrimien pour :

- 1) Le massif migmatitique de Zéoua-Tanmounouma;
- 2) Les migmatites comprises dans le triangle Pabré-Gaongho-Kayao (cercle d'Ouagadougou);
- 3) Les migmatites de la région Koupèla-Boulsa-Bogandé;
- 4) Les migmatites d'Oulfo-Alfa;
- 5) Les migmatites du Sud de Tongomayel;
- 6) Les migmatites du Sud de Pissila (Kaongossargo) (1).

Toutes ces régions sont en effet dépourvues de reliquats de roches métamorphiques birrimiennes, ce qui laisse supposer qu'à l'époque birrimienne elles constituaient des cratons et non des géosynclinaux.

Cette hypothèse permet en outre d'expliquer :

- 1) La grande surface de ces massifs migmatitiques dont l'ampleur semble dépasser ce qu'il est commun d'observer autour des batholites granitiques;
- 2) L'existence de nombreux granites non orientés ou très peu orientés, qui semblent donc être restés indifférents aux influences tectoniques, alors que leurs caractères les rapprochent plus des granites syntectoniques que des granites post-tectoniques : si ces granites se sont mis en place dans les cratons, ils ont pu ne ressentir que d'une façon très atténuée l'influence des mouvements orogéniques;
- 3) La provenance des sédiments birrimiens; mis à part les produits d'origine volcanique, ces matériaux ne peuvent provenir que de régions qui étaient émergées à l'époque birrimienne, et les rares affleurements de « série de Bamga » que nous connaissons semblent disproportionnés avec l'importance des géosynclinaux birrimiens;
- 4) L'existence de figures tectoniques complexes; les inflexions à grand rayon de courbure que dessinent les lignes tectoniques autour de Pissila, autour de Zilemsomdé, autour de Gorgadji, à l'Est de Djibo, etc. s'expliquent beaucoup plus facilement si l'on admet l'existence des cratons (voir esquisse structurale au 1/1 000 000). En plusieurs endroits, nous constatons que les cratons supposés sont voisins des miogéosynclinaux (voir p. 87), alors que les eugéosynclinaux en sont plus éloignés (Titao-Nongofayeré, Yako, Sud de Didir).

1. Par contre, les migmatites du triangle Baghsalogo-Nioramga-Kaya sont considérées comme péri-batholitiques.

Granites antébirrimiens

Si la série de « Bamga » dérive d'arkoses, ces granites ont dû exister, mais rien n'a permis de les mettre en évidence.

Profondeur de la mise en place

Quelles que soient les idées qu'ils professent sur l'état physique du granite au moment de sa mise en place, la plupart des auteurs (1) sont d'accord pour penser que les granites post-tectoniques (qui se sont mis en place dans des chaînes déjà plissées et émergées) sont moins profonds que les granites syntectoniques.

La différence de profondeur et donc de conditions physiques fournit une explication possible à la différence de texture; toutefois, les plagioclases automorphes, si communs dans les granites calco-alcalins en massifs circonscrits, existent également dans certains granites d'anatexie (en général profonds).

Si l'on suppose que la profondeur de la mise en place est en partie responsable des différences que nous observons entre granites baoulés et granites en massifs circonscrits, nous pouvons penser qu'il n'y a pas de raison *a priori* pour que cette profondeur soit une grandeur discontinue. De même, le temps de la mise en place n'est pas nécessairement discontinu : au lieu des deux phases classiques — granites syntectoniques, granites post-tectoniques — je pense que les granites ont pu se mettre en place d'une façon continue ou presque, le type « baoulé » et le type en « massif circonscrit » représentant seulement les types les plus caractéristiques.

Donc, aussi bien dans le temps que dans l'espace (profondeur), je pense qu'il y a place pour des intermédiaires; il ne s'agit pas de « granites tardi-cinématiques » genre Saraya qui me semblent rares ou inexistantes dans la région que nous étudions, mais plutôt de ces granites assez homogènes, non orientés, à tendance plagidiomorphique, qui ne se présentent pas en massifs circonscrits et sont plutôt en relation avec les granites baoulés vrais. J'ai signalé leurs particularités à plusieurs reprises (pp. 142, 159) mais je préfère ne pas en faire un type distinct, car, puisque je suppose qu'il s'agit d'un phénomène continu, il n'y a pas de raison de définir un type intermédiaire plutôt que deux ou trois.

Comparaison avec les roches cristallines du Ghana

Depuis les travaux de M. ROQUES (1948) et de L. BODIN (1951), il est classique de comparer les granites baoulés, syntectoniques, au « granite de Cape Coast » et les granites calco-alcalins post-tectoniques au « granite de Dixcove » (1). J'admets cette assimilation, mais, de même que j'ai comparé les formations métamorphiques de Haute-Volta avec le Birrimien-type du Ghana, de même, je fais remarquer qu'il existe quelques différences entre les granites du Ghana et ceux de Haute-Volta.

N. R. JUNNER signale que les batholites de granite de Cape Coast sont entourés de *larges*

1. En particulier H. et G. TERMIER (1954).

auréoles de métamorphisme dynamothermal, où se rencontrent communément des minéraux tels que staurotide, grenat, biotite, disthène et sillimanite, et parfois cordiérite et andalousite. Des phénomènes analogues ont été signalés en Basse-Côte-d'Ivoire par D. BONNAULT (1943 et 1951) et par M. BOLGARSKY (1951). Dans le Nord de la Côte-d'Ivoire, M. ARNOULD (1961) mentionne des auréoles de 1 000 m au maximum comprenant biotite, staurotide, grenat. Je n'ai rien observé de semblable en Haute-Volta (l'andalousite n'a été observée qu'en deux endroits : à l'Est d'Yalanga et à l'Est de Séguenega, et, dans les deux cas, au voisinage de granites en massifs circonscrits).

De même N. R. JUNNER, en parlant des granites de type Dixcove, ne mentionne que les granites, granodiorites et diorites quartziques à hornblende ou à hornblende et biotite et ne parle pas de types moins sodiques, tels que granites à biotite, à deux micas ou à muscovite seule, analogues à ceux qui affleurent en Haute-Volta.

On peut donc établir un parallèle entre les granites calco-alcalins du Ghana et ceux de Haute-Volta, mais il n'y a pas identité absolue entre eux. De même les nombreuses roches alcalines de Haute-Volta n'ont pas d'équivalents au Ghana et très peu en Côte-d'Ivoire; on ne peut probablement pas, non plus, les paralléliser avec celles de Nigéria.

Enfin, ayant fait, plus haut (p. 168) une comparaison entre les plagioclases de Haute-Volta, du Ghana, du Mali et de la Guinée, je n'y reviens pas.

1. Voir N. R. JUNNER (1940).

GÉOLOGIE APPLIQUÉE

LES FILONS

Quartz

Les filons de quartz sont nombreux dans les formations métamorphiques birrimiennes, en particulier dans les schistes du groupe de Riziam; on peut en trouver, plus rarement, dans les granites baoulés, et même, exceptionnellement, dans les granites en massifs circonscrits, alcalins (Aribinnda) ou calco-alcalins (Gandé, Ouagoulé).

Ils constituent quelquefois de petites collines (Nongofayeré, Guioumo, Tampilgha) mais, le plus souvent, on ne voit qu'un petit affleurement, ou même un amas de graviers de quartz. Seuls les plus importants des filons de quartz ont pu être cartographiés; en certains endroits, un filon indiqué sur la carte correspond sur le terrain à un faisceau de filons parallèles.

Il s'agit de quartz laiteux; le quartz noir est exceptionnel (un affleurement entre Igondra et Pogoro).

La prospection éluvionnaire de quelques filons de quartz a été faite; mais leur nombre dépasse de beaucoup les possibilités d'une équipe de prospection, et d'ailleurs les résultats sont très décevants.

Beaucoup de filonnets de quartz d'une puissance de 1 cm ou moins (en particulier dans les schistes) sont probablement dus à une circulation d'eau assez récente dans les diaclases. Ils ne semblent pas en relation avec un granite sous-jacent.

Pegmatite

A 5,5 km à l'Est de Tongomayel, sur la piste d'Aribinnda, j'ai observé un filon de pegmatite à structure graphique dans un granite à gros grains.

Un affleurement de pegmatite renfermant quelques paillettes de mica blanc, mais très peu, est visible au S.S.E de Léosgotenga.

Les pegmatites à mica noir ou sans mica sont fréquentes dans les migmatites et les granites, surtout les granites baoulés.

Pegmatite à mica blanc et greisen

Des amas de pegmatite à mica lithinifère (1) ont été observés dans les collines de roches basiques de Bini.

J'ai trouvé également quelques morceaux de pegmatite à mica blanc, non en place, près de Zoëtgomdé.

Je signale entre Oueldé et Balliata, la présence de quelques paillettes de mica blanc dans le quartz.

Mais les affleurements les plus nombreux sont ceux du Sud du Ganzourgou (Zoungou, Sacoinsé, Mankarga, Est de Gaongho); ces pegmatites sont composées essentiellement d'albite et de quartz avec un peu de microcline. Le mica noir, s'il est présent, est largement dominé par le mica blanc; ce dernier n'a pas été déterminé mais une recherche spectrographique (2) a révélé l'absence de lithium; on note parfois la présence de grenat (Sacoinsé). Les affleurements se poursuivent, au Sud de Mankarga (Tanema, Ibogho).

Deux affleurements de *greisen* ont été reconnus (Zoungou, Mankarga).

Il est possible que le greisen et les pegmatites à mica blanc des environs de Zoungou soient en relations avec les affleurements de syénite alcaline que l'on voit au Sud de ce village. Mais c'est peu probable : en effet, je n'ai pas trouvé de roche alcaline aux environs de Sacoinsé, de Mankarga, de Tanema, ni de Gaongho; au contraire, les affleurements de granite, les plus voisins ont tous les caractères des granites baoulés : entre Mankarga et Tanema, on observe un granite à biotite à grain assez fin, partiellement orienté, avec des enclaves mésocrates allongées dans le sens de l'orientation de la roche; entre Gaongho et Mankarga, je n'ai observé qu'un affleurement de granite à muscovite, alors que tous les autres affleurements sont des granites syntectoniques à biotite.

Tourmaline

La tourmaline est associée à quelques filons de quartz (Yayika, Zoëtgomdé, N.NW de Lilinngo); en quelques endroits, ce minéral devient prépondérant et l'on observe une tourmalinite (Dazégba, Moussaye).

MINÉRALISATION

Fer

Il y a une dizaine d'années, les forgerons exploitaient encore deux sortes de minerais : schistes exceptionnellement riches en oxydes de fers divers (Est de Bourzanga) ou, plus souvent, latérite. Le minerai, trié à la main, était traité au charbon de bois, dans des fourneaux de terre cuite qui

1. La présence de lithium a été déterminée par voie spectrographique (J. ISABEY, Laboratoire du S.G.P.M, Dakar).

2. J. P. BASSOT.

pouvaient atteindre 5 m de hauteur dans le Nord-Ouest (Yatenga) mais ne dépassaient pas 1 m à 1,50 m dans les autres régions. Cet artisanat est pratiquement disparu; en effet, le minerai, siliceux, est de mauvaise qualité, et les forgerons préfèrent se procurer des traverses de chemin de fer provenant du Ghana ou acheter des carcasses de camions accidentés qui ne manquent pas dans la région.

J'ai trouvé récemment, dans le canton d'Aribinnda et l'Oudalan, plusieurs affleurements de minerai de fer beaucoup plus riche; il s'agit de lentilles d'hématite et de magnétite dans des gabbros post-birrimiens.

AFFLEUREMENTS DE HOKA.

Au Nord-Est de la mare Hoka, affleure un massif de roches basiques mesurant environ 2,5 km du Nord au Sud et 1,5 km de l'Est à l'Ouest, composé de gabbro ou, plus exactement, de diorite à pyroxène (andésine An 35 à 40 et diallage, avec accessoirement, hématite, actinote-ouralite, augite titanifère, parfois bronzite et sphène.

La texture est finement grenue ou localement porphyroïde.

Le minerai se présente en lentilles verticales d'une vingtaine de mètres de puissance, atteignant 100 ou 200 m de longueur visible. A une distance comprise entre 1,5 et 2,5 km Nord-Est de la mare, on compte au moins cinq lentilles de minerai allongées N.NE-S.SW; à l'extrémité nord du massif de gabbro, l'orientation du minerai est différente : N.10° W. Enfin, à 4 km environ N.NW de la mare (à l'Ouest de la piste Yalanga Soum), on remarque un dernier affleurement de minerai allongé NE-SW avec ses épontes de gabbro.

F. WITSCHARD qui a étudié cet indice (1959) fait remarquer la liaison évidente entre le minerai et le gabbro : celui-ci est, en effet, assez chargé en magnétite (1) et il s'enrichit encore lorsqu'on approche des lentilles de minerai.

D'après l'étude microscopique, le minerai est composé de magnétite et d'hématite. L'analyse chimique montre que ces deux minéraux contiennent une notable proportion de titane. Ils sont partiellement épigénisés en gœthite. F. WITSCHARD remarque une structure rubanée due à l'alignement de sphérolites de calcédoine.

Une estimation très sommaire du cubage donne un minimum de 5 000 000 de tonnes de minerai.

AFFLEUREMENTS DE TIN-AÏDJAR.

La colline de Tin Aïdjar, à l'Ouest d'Oursi, est constituée en grande partie par un minerai de fer dense qui, en section polie, s'est révélé être une magnétite plus ou moins complètement martitisée avec un peu de stilpnosidérite. A la différence de Hoka, les gabbros ou, plus exactement les diorites à pyroxènes sont peu visibles aux environs de Tin Aïdjar.

Il semble que les anciens habitants du pays connaissaient ce minerai car un des villages voisins se nomme Gargassa, c'est-à-dire « le forgeron » en foulfouldé, mais actuellement il n'y a plus de forgerons. Aucune estimation du tonnage n'a été faite, mais il semble plus important que celui de Hoka.

1. La magnétite, toujours en relation avec le pyroxène, est fréquemment disposée dans les plans de clivage de ce minéral.

AFFLEUREMENTS DE GOUBA.

Deux autres affleurements d'un minéral analogue mais, peut-être, moins riche et moins abondant, ont été observés à 7 et 8 km E.S.E de Déou. La liaison avec les gabbros est, ici, probable.

ANALYSES DE MINÉRAIS.

Voici les analyses de neuf échantillons de minerais de fer :

- n° 663 — Schiste ferruginisé devenu minéral de fer;
Provenance : 12,500 km W.SW d'Aribinnda, sur piste allant à Djibo;
 $L = 0^{\circ} 58'$; $l = 14^{\circ} 11'$;
(c'est un minéral de ce genre qu'utilisaient les anciens forgerons de Kouamtigué, à l'Est de Bourzanga);
- n° 750 — Magnétite martitisée associée à oligiste; accessoirement ilménite;
Provenance : 2,500 km N.NE de la mare Hoka;
 $L = 1^{\circ} 5' 21''$; $l = 14^{\circ} 32' 55''$ (1);
- n° 3 — Minéral latéritisé;
Provenance : 2 km E.NE de la mare Hoka;
 $L = 1^{\circ} 4' 58''$; $l = 14^{\circ} 31' 57''$;
- n° 4 — Minéral dans latérite;
Même provenance que n° 3;
- n° 42 — Minéral M 5;
Provenance : 2 km NE de la mare Hoka;
 $L = 1^{\circ} 5' 19''$; $l = 14^{\circ} 32' 16''$;
- n° 44 — Minéral M 3;
Provenance : 2,700 km NE de la mare Hoka;
 $L = 1^{\circ} 5' 9''$; $l = 14^{\circ} 32' 32''$;
- n° 46 — Minéral M 1;
Provenance : 3,800 km N.NW de la mare Hoka;
 $L = 1^{\circ} 6' 16''$; $l = 14^{\circ} 33' 14''$;
- n° 1039 — Magnétite irrégulièrement martitisée;
Provenance : pied Est de la colline Tin Aïdjar;
 $L = 0^{\circ} 33' 20''$; $l = 14^{\circ} 40' 25''$;
- n° 1041 — Magnétite en grande partie transformée en martite, avec un peu d'hydroxyde (stilpnosidérite);
Provenance : colline Tin Aïdjar;
 $L = 0^{\circ} 35'$; $l = 14^{\circ} 40'$.

Toutes ces analyses ont été faites sur des échantillons *choisis*; elles ne prétendent donc pas représenter la moyenne du gisement, mais elles attirent l'attention sur le fait qu'il s'agit de minerais riches (sauf les n°s 663 et 3).

1. Pour les échantillons provenant de Hoka, les coordonnées géographiques sont calculées à partir d'un point d'origine situé sur la rive sud-ouest de la mare, à l'endroit où celle-ci est le plus proche de la piste de Soum à Yalanga on admet que les coordonnées du point origine sont $L = 1^{\circ} 5' 54''$; $l = 14^{\circ} 31' 38''$ (voir cartes établies par F. WITSCHARD, 1959).

Les échantillons n° 3 à 46 ont été récoltés par F. WITSCHARD.

	n° 663	n° 750	n° 1039	n° 1041
Si O ₂	36,45	15,22	0,50	1 00
Fe ₂ O ₃	52 40	72,80	74,20	77,80
Fe O.....	0	—	2,70	2,35
Mn O.....	3,55	1,06	1,10	0,70
Ti O ₂	0	—	13,80	11,90
H ₂ O ⁻	7,70	1,60	n.d.	n.d.
H ₂ O ⁻	0,20	0,60	n.d.	n.d.
Total dosé.....	100,30	91,28	92,30	93,75

	n° 3	n° 44
Humidité H ₂ O ⁻		0,30
Perte au feu H ₂ O ⁻	—0,80 _(gain)	2,50
Si O ₂	3,6	4,0
Al ₂ O ₃	33,0	3,5
Fe total.....	32,5	52,4
Mn O.....	0,07	0,2
Ca O.....	3,00	2,5
Mg O.....	2,25	1,3
S.....	0,05	0,07
P ₂ O ₅	0,30	0,15
V ₂ O ₃	0,045	0,475
Ti O ₂	3,40	9,85
Ni.....	0,005	0,002
Cu.....	traces	traces
Cr.....	0,03	0,0025

Analyses partielles

	n° 4	n° 42	n° 46
% Fe.....	56,0	56,8	59,1
% Si O ₂	4,8	5,0	2,4

N.B. — Dans les analyses n° 3 à 46, le fer total est exprimé sous forme métallique et non sous forme d'oxyde.

INTÉRÊT ÉCONOMIQUE.

Bien que le minerai de Hoka et de Tin Aidjar soit riche, on ne peut songer à l'exporter par suite de la trop grande distance de la côte : 1 200 km en ligne droite, et 1 500 km par un éventuel chemin de fer se raccordant à la ligne d'Abidjan à Ouagadougou.

L'absence de houille et de tout autre agent réducteur empêche un traitement sur place. Dans ces conditions ces minerais sont actuellement inutilisables. Seule la découverte de nouveaux procédés sidérurgiques faisant appel, par exemple, à l'énergie solaire ou à l'énergie atomique, permettrait d'envisager leur exploitation.

Manganèse

En décrivant les roches du groupe de Riziam, j'ai signalé l'existence de schistes manganésifères et de quartzites à spessartine (gondite). La gondite altérée et certains schistes plus riches en manganèse que les autres peuvent être considérés comme des minerais de manganèse.

CONDITE ALTÉRÉE.

Au Nord du village Bouloye (Est d'Oursi) on remarque un petit affleurement d'une roche noire dont les relations avec le contexte géologique de la région ne sont pas connues. Bien qu'elle soit assez dense, l'examen en section polie révèle que les deux-tiers ou les trois-quarts de l'échantillon sont formés de quartz et de grenat en agrégats plus ou moins soudés; le minéral est la psilomélane barytique interstitielle avec un peu de polianite. Voici les résultats de l'analyse chimique d'un échantillon choisi (n° 1 037) :

Mn O ₂ :	32,20
Mn O soluble :	3,60
Mn O insoluble :	1,75
Fe ₂ O ₃ :	6,05
Fe O :	0
Si O ₂ :	41,90
Al ₂ O ₃ :	13,10
Total dosé. . . :	98,60
Ba O :	n.d.

J'ai observé, entre Soula et Tinidaoui, une colline composée par une roche très voisine de celle-ci. D'autres quartzites manganésifères ont été découverts par I. NDIAYE près de Pilimpikou et G. RONTEIX au Nord d'Oino et à 4 km à l'Est de Gomponsom (1).

SCHISTES MANGANÉSIFÈRES.

Dans le cercle de Kaya, la plupart des indices ont été découverts par L. BAUD (1941) :

- 1) à 4 km au Sud-Ouest de Pibaoré;
- 2) à 3 km et à 5 km au Sud de Goudry;
- 3) près du km 79 de la route Ouagadougou-Kaya;
- 4) à 1 km au Sud de Louda;
- 5) à 5 km au Sud-Ouest de Kaya;
- 6) au Sud-Est du lac de Dem;
- 7) entre Delga et le lac de Dem;
- 8) à l'Ouest de Dem;
- 9) à 3 km au Sud de Santaba sur la piste de Kirigtenga;
- 10) à l'Est de Bokin.

Je n'ai pas retrouvé les affleurements n°s 3, 4 et 5; d'après L. BAUD, ils ne présentent pas plus d'intérêt économique que les autres.

Dans le cercle de Ténado, l'affleurement le plus important est une colline de 4 km de long et de 100 m de hauteur de commandement, au Nord de Quoidemain. La partie visiblement minéralisée a environ 30 m de long et 12 m de large. La faible teneur (17,6 % d'oxyde, soit 12,7 % de métal), le faible tonnage probable et la grande distance de la côte ne permettent pas, malgré la proximité du chemin de fer, d'envisager l'exploitation de cet affleurement.

Dans l'Oudalan, un schiste prélevé à l'Est de la colline Tin-Aïdjar contient 5,75 % de Mn métal.

1. Rapports inédits, B.R.G.M., Paris, 1960-1961.

AUTRES INDICES.

Le manganèse se présente également sous forme d'oxydes en petites quantités dans certains filons de quartz. Dans le cercle d'Ouahigouya, les forgerons le mélangeaient à leur minerai de fer, après l'avoir trié à la main.

Enfin, à l'Est du méridien 0°, c'est-à-dire en dehors de la région qui fait l'objet de ce mémoire, j'ai découvert deux collines d'oxyde de manganèse à bonne teneur au lieu dit *Tambao* (25 km au Nord de Markoye). D'après J. DELFOUR (1), le gîte provient de l'enrichissement superficiel de sédiments manganésifères peu riches et on doit s'attendre à un appauvrissement des couches en profondeur.

Graphite

INDICES DE KORSIMOGHO.

En 1935, Mgr THÉVENOUD, évêque d'Ouagadougou, signalait des indices de graphite dans la région de Korsimogho-Ouahigouya (Sud de Kaya). Les recherches de L. BAUD (1941) lui permirent de reconnaître huit affleurements dont une colline près d'Ouahigouya et deux à Guilla, mais il ne leur accordait aucun intérêt économique.

Reprenant cette étude en 1959-60, le prospecteur A. GERBAL de la mission M. LORÉTAN découvrait sept indices de schistes graphiteux entre Korsimogho et Ouahigouya :

- Lieu-dit « l'Ombraie »;
- Sud-Ouest de la montagne Goffa;
- Sud-Est de la montagne Goffa (lieu-dit Tanzoaka);
- Colline Tansaboulougou;
- 1 km Ouest de Tansaboulougou;
- Lieu-dit « Datari »;
- Lieu-dit « Sidougou » (au Sud du village Tandaga).

Les travaux sur le terrain comportant puits, tranchées et galeries ont duré 5 mois. A. GERBAL a prélevé 130 échantillons pétrographiques et 368 échantillons de schistes graphiteux, dont 105 ont été analysés.

M. LORÉTAN et A. GERBAL (1960) remarquent la présence de roches ultrabasiques (serpentine) au Sud-Est et à l'Ouest d'Ouahigouya, alors que ces roches sont habituellement rares dans le groupe de Dacula; toutefois, par suite de l'« association presque constante de poches de kaolin avec le graphite », ils pensent « que le graphite a une origine secondaire pneumatolytique-hydrothermale » (en relation avec le granite qui affleure au Sud de Korsimogho). Ils remarquent également la présence constante de « venues volcaniques typiques » « interstratifiées dans les schistes », ainsi que « des filons de quartz de puissance modeste, minéralisés en fer et en manganèse ».

Étant à cette époque, occupé à lever la carte géologique de l'Oudalan, je n'ai pas pu m'intéresser à la minéralisation graphitée de Korsimogho.

M. LORÉTAN et A. GERBAL évaluent l'amas de Datari à quelque 9 000 tonnes de graphite; ils laissent espérer que d'autres amas aussi importants puissent exister dans la région.

Compte tenu de la situation géographique défavorable de la Haute-Volta, les indices de

1. Rapport inédit, B.R.G.M., Paris, 1961.

Korsimogho sont d'accès facile : ils sont à 80 km d'Ouagadougou par une bonne route. La région est assez peuplée, le ravitaillement est assuré et les vallées du Kietébala et de la Volta Blanche peuvent fournir de l'eau en abondance. Malheureusement le graphite se présente en paillettes submicroscopiques, ce qui rend sa concentration par flottation extrêmement difficile; en outre les débouchés sont peu nombreux pour un graphite aussi fin. Aussi l'avenir économique du graphite de Korsimogho est-il lié à la mise au point d'un procédé de concentration et à l'existence d'entreprises consommant du graphite de cette qualité. Il est donc inutile de poursuivre l'étude de ces gisements avant d'avoir donné une réponse à ces deux questions.

AUTRES INDICES.

En plusieurs endroits, on trouve des schistes gris ou mauves, imprégnés localement de graphite, donnant ainsi quelques bancs noirâtres au milieu de bancs stériles :

- Sud de Santaba (Piouktenga);
- Sorodin, Ouest de Nassemtega;
- Nord de Boussouma (Riziam);
- Perquoi (canton de Réo);

: : Un schiste graphiteux de la colline Balliata (Oudalan) contient 5 % de carbone total.

Bauxite

En de nombreux endroits, surtout dans les cercles de Kougoussi et de Kaya, on observe des affleurements et des éboulis de bauxite claire, rosée ou blanchâtre, présentant quelquefois une structure oolithique ou pisolithique; elle est plus fréquente sur les schistes, roches déjà riches en alumine, que sur les roches vertes (1). Les affleurements les plus importants sont ceux du canton de Riziam (environs de Sabsé), mais on en trouve aussi près de Foré, de Silmidougou, de Kirigtenga, etc. (voir cartes). Les tonnages (un million de tonnes pour le plus bel affleurement, au Nord-Ouest de Sabsé) sont insuffisants pour permettre d'envisager une exploitation. D'ailleurs, la bauxite est en voie d'érosion (comme la latérite); il a dû exister autrefois des gisements plus importants, mais, en beaucoup d'endroits, on ne trouve plus que des éboulis, la bauxite en place a disparu.

Pyrite

C'est une minéralisation *fréquente* dans les roches du groupe de Dacola, les quartzites, les plagioclisolites post-birrimiennes, et exceptionnelle dans les roches microgrenues et les filons de quartz. Elle est souvent aurifère. Au Nord-Est de Pilimpikou, I. NDIAYE a observé des sulfures (pyrite, galène, chalcopryrite) dans les roches basiques métamorphisées et dans un filon de quartz (2).

Or

On trouve de l'or :

- 1) Dans quelques *roches basiques* : Est de Bavillers et de Zamo, Nabmassa;
- 2) Dans un *quartzite pyriteux* : Sud-Ouest de Callio;

1. L'analyse de quelques échantillons provenant de la région de Korsimogho a donné des teneurs de 50 à 75 % Al_2O_3 , avec TiO_2 de 2,8 à 8 %, Fe_2O_3 de 2,4 à 18 %, SiO_2 non dosé (rapports inédits, B.R.G.M., Paris, 1961).

2. Rapport inédit, B.R.G.M., Paris, 1960.

3) Dans quelques *filons de quartz* : Boboulo, Nongofayeré;

4) Dans les *alluvions* : Bavillers, Thion, Po, massif de Sanguié; canton de Dacula, Bouria; Lay, Zogoré, Kalsaka; Tanzéogo, Gorin, Zèko, Silmidougou, Taghalla, Diguilla-Natenga; Gangaol; canton d'abchouya; Pilaka, Mankarga (1);

5) Dans les *éluvions* : Nongofayeré (filon de quartz), Silmidougou (granite alcalin), Tanema (pegmatite).

Les teneurs, souvent minimes, n'atteignent que rarement 1 g/m³. Les meilleurs concentrés sont ceux de Gangaol, de Gorin (Sud-Est de Tanzéogo) et de Bédogo (Sud-Ouest de Gounguin) mais ils proviennent de très petits cours d'eau. Les tonnages d'alluvions sont également très faibles. Ainsi que le fait remarquer L. BAUD (1941), « les *marigots* de cette région ont un profil d'équilibre nettement défavorable à la formation de placers alluvionnaires importants : un ravin très court à trop forte pente en tête, puis, brusquement, une partie presque plane où ne se déposent que des boues argileuses et argilo-sableuses à la fin de la saison des pluies, tout le reste étant entraîné au loin pendant les fortes crues. Les terrains aurifères en place n'ont pas le temps d'être détruits et triturés par les eaux de ruissellement, sauf les parties trop altérées, probablement riches en or, qui sont évacuées très loin sous forme de boues. Le dépôt d'or ne peut être que théoriquement minime, surtout si les terrains en place sont eux-mêmes déjà passablement pauvres. C'est ce que paraît démontrer la prospection effectuée sur le terrain ».

L. BAUD a prospecté un grand nombre de cours d'eau du cercle de Kaya et a trouvé des traces d'or dans 24 d'entre eux; mais en aucun point la teneur ne dépasse 0,13 g d'or au mètre cube. Par contre, ayant analysé de nombreuses roches basiques du même cercle, il a trouvé assez souvent une teneur notable en or (elle ne dépasse généralement pas 1 g à la tonne, mais, dans quelques cas favorables, elle peut atteindre et dépasser 10 g à la tonne. L'or est en partie lié à la pyrite et en partie libre (1942). L. BAUD attribue donc aux roches basiques la responsabilité de la minéralisation en or, et il conclut : « les roches basiques sont presque toutes plus ou moins aurifères dans cette petite région, et certaines avec des teneurs très appréciables. Le magma basique est donc nettement, et assez constamment aurifère, tandis que le magma acide est pratiquement stérile ou occasionnellement et faiblement minéralisé ».

A la suite de L. BAUD, j'ai fait analyser quelques roches basiques provenant des cercles de Kaya, de Kongoussi et de Ténado, mais les résultats ont été assez décevants : « traces », c'est-à-dire certainement moins d'un gramme à la tonne. Un seul échantillon (Nabmassa, canton de Mané) a donné une teneur de 12 g/t; mais d'autres échantillons de même provenance ne contiennent que des traces d'or.

Je pense donc qu'il existe de l'or dans certaines roches basiques, mais elles sont loin d'être la majorité. L. BAUD reconnaît lui-même qu'il a, le plus souvent, fait analyser des échantillons choisis.

Les analyses de roches acides ont donné d'ailleurs d'aussi mauvais résultats que les analyses de roches basiques.

Au point de vue métallogénique, on remarque sur la carte que la plupart des indices d'or ont été trouvés à proximité de granites en massifs circonscrits (alcalins ou calco-alcalins); mais, sauf à Silmidougou, les éluvions de ces granites se sont révélées stériles.

1. En 1940-41, J. SAGATZKY a trouvé environ 0,6 g d'or au m³ dans les alluvions de la Volta Blanche, entre Tanema et Gaongho.

Argent

Dans les cercles de Ténado et d'Yako, l'argent existe à l'état de traces dans les mêmes régions que l'or (Boboulo, Thion, Po, Bavillers). Dans les autres cercles, l'or des concentrés n'a pas été analysé.

Cassitérite

Ce minéral est courant dans le Sud du Ganzourgou; on le trouve dans presque tous les concentrés, tant éluvionnaires qu'alluvionnaires : Sacoinsé, Mankarga, Tanema, Est de Tanmissi; mais elle est toujours peu abondante. J. SAGATZKY l'a également trouvée dans les alluvions de la Volta Blanche entre Tanema et Gaongho. Par contre les recherches de J. DELORME au voisinage des granites d'Aribinnda, de Guesselna, de Déou, etc., sont demeurées vaines : quatre grains de cassitérite seulement (Lélégor) pour un total de 26 puits creusés et de 6 échantillons de granites broyés.

Monazite

Ce minéral est abondant dans les concentrés de Zoungou, en alluvions et en éluvions; il est moins abondant à Sacoinsé et très rare à l'Ouest de Mankarga et de Bouroum.

Colombo-tantalite

Des quantités peu importantes de ce minéral ont été trouvées dans les concentrés d'alluvions (Taghalla, Sérédin, Sud de Mankarga) et d'éluvions (Bini, Pinsa, Bouroum, Damkargo, Taparko, Tanzéogo, Gounguin, Sacoinsé, Mankarga). Un indice de colombo-tantalite a été découvert par A. GERBAL (1) dans la pegmatite au Sud de Sacoinsé.

Chromite

De faibles quantités de ce minéral ont été trouvées dans des concentrés d'alluvions et d'éluvions près de Gounguin et de Zam.

Xénotime

Des traces ont été observées dans un concentré d'alluvions provenant de l'Ouest de Zoungou et dans les éluvions de Sacoinsé.

Thorite

Ce minéral est peu abondant dans les concentrés d'éluvions de Bini.

1. Rapport inédit, B.R.G.M., Paris, juin 1961.

Cuivre natif

Quelques paillettes ont été observées dans les concentrés de Bini et de Pinsa.

Schéelite

Elle est présente dans les éluvions de Sacoinsé, et, en plus petite quantité, dans les éluvions à l'Ouest de Tanema et à Mankarga, ainsi que dans les alluvions à l'Est de Tanmissi.

Galène

Un grain a été trouvé dans un concentré de 80 litres d'éluvions de Sacoinsé.

Nickel et Cobalt

Entre Korsimogho et Ouahigouya, aux lieux-dits Datari et Sidougou, M. LORÉTAN et A. GERBAL ont observé des enduits verts d'un silicate de nickel cobaltifère non déterminé, dans les poches de kaolin qui accompagnent le graphite. Il est possible que des sulfures de ces deux métaux existent en profondeur, en relation avec les serpentinites qui affleurent à 3 km Ouest d'Ouahigouya et à 1 km Est de Datari.

Conclusions

Il ne semble pas que l'or puisse être intéressant dans la région étudiée : les teneurs sont insuffisantes, les tonnages d'alluvions sont très faibles et le pays manque d'eau.

Le fer et le manganèse (sauf peut-être celui de Tambao) sont actuellement inexploitable.

La bonne qualité de la *bauxite* pourrait la rendre intéressante si l'on en trouvait des tonnages importants. La détermination de ce minerai est très facile, et, à mon avis, la meilleure méthode pour obtenir de nouveaux indices consisterait à le faire connaître parmi la population et à promettre une bonne prime à la découverte.

GANZOURGOU.

La prospection dans le Sud du Ganzourgou a permis de trouver neuf minéraux intéressants; les indices sont nombreux : 17 batées sur 21 sont positives, mais, sauf pour la *monazite*, les teneurs sont insignifiantes. L'association cassitérite-scheelite-colombo-tantalite est quelquefois réalisée, mais c'est surtout la *cassitérite* qui domine. Les résultats de cette prospection sont assez décevants, mais elle a été trop brève et le prospecteur, D. BELPAUME, a été handicapé par le manque d'eau. Aussi je pense qu'une prospection plus complète dans le Sud du Ganzourgou a quelques chances d'être fructueuse. Une prospection exhaustive devrait comprendre :

1) Un levé détaillé (au 1/25 000, par exemple) de toute la région limitée : à l'Ouest par le méridien 1°; à l'Est, par le méridien 0° 30'; au Sud, par le parallèle 11° 52' 30''; au Nord par la route Ouagadougou-Niamey (surface totale 2 350 km² environ);

2) Sur chacun des affleurements de roche alcaline ou de pegmatite, un concentré d'éluvions et un concentré de roche saine broyée;

3) Dans les régions dépourvues d'affleurements, des puits de prospection à intervalles réguliers (par exemple formant un réseau dont la maille est un triangle équilatéral de 500 m de côté), atteignant si possible le bed-rock, avec, pour chaque trou, un concentré de la zone d'altération et un concentré de la roche saine broyée.

L'ensemble de ce travail pourrait être fait en vingt mois de terrain par un géologue, chef de mission, assisté de trois aides géologues chargés des levés, avec le matériel de sondage et son personnel, ou, à défaut, avec un nombre variable de manœuvres (une cinquantaine) et leurs chefs d'équipe. Je ne dissimule pas que le prix de revient serait assez élevé, mais, ainsi que le fait remarquer R.-L. PRICE (1), « pour trouver des mines il faut avoir beaucoup de cœur au ventre et la disponibilité illimitée de l'argent des autres ».

PROVINCE DE BOUSSOUMA.

L'avenir du graphite de Korsimogho est lié à la découverte de procédés d'enrichissement du minerai et à l'existence de débouchés. Un simple levé géologique au 1/25 000 permettrait probablement de découvrir d'autres affleurements sur une surface n'excédant pas 200 à 250 km² (de part et d'autre de la route, entre Korsimogho et Louda).

La recherche des sulfures de nickel et cobalt (et autres?) est plus difficile. Les alluvions étant peu développées, il est à craindre qu'une prospection alluvionnaire ne donne pas de résultats. La région étant montagneuse, un levé de détail sera assez long, mais comme les affleurements sont nombreux, il fournira peut-être quelques indices. On pourra utiliser la géochimie ou une méthode électrique (polarisation spontanée).

SUBSTANCES UTILES DIVERSES

Argile

L'argile fine d'inondation (très peu sableuse) est utilisée pour la fabrication des poteries (villages de Forgerons), des briques cuites (Pabré, Ouagadougou) et des tuiles (Koudougou).

Granite

Le granite a été utilisé comme ballast pour le chemin de fer (carrières : au Sud-Ouest de Zamo, près d'Yaoghin et de Bazoulé). Si l'on veut prolonger la ligne vers Boulsa, Bogandé et Niamey, on pourra trouver du granite entre Loumbila et Ziniaré, au Sud de Ziniaré, à Saouana, au Nord de Ziga, à l'Ouest de Boulsa, à Tougué, Lioula, Yonaré et au Nord de Kossoudougou.

On l'utilise également comme gravier pour le béton (Ouagadougou) et pour la construction de certains ponts.

1. in C. RILEY. Saturation Prospecting - A new concept? *The Canad. Mining et Metall. Bull.*, Montréal - vol. 52 - n° 561 - Janv. 1959 - pp. 44-46.

Matériaux de construction

La latérite, facile à débiter et à tailler, est souvent utilisée pour la construction. En certains endroits (Ouahigouya), on utilise l'argile latéritique qui, tendre lorsqu'elle est en place, durcit à l'air par déshydratation des gels d'oxydes de fer.

Matériaux d'empierrement

La latérite, presque toujours prise sur place, est, de loin, le matériau le plus souvent utilisé pour le revêtement des routes.

CONCLUSION

Histoire géologique de la région

Nous connaissons mal la nature du socle archéen sur lequel se sont déposés les sédiments birrimiens. Il comprenait vraisemblablement les gneiss de Bamga et peut-être les massifs migmatitiques dont nous avons parlé p. 170 (1). Nous ne savons pratiquement rien de l'histoire de ce socle, dernier vestige d'un *drame* (2) dahomeyen.

Le socle s'étant fracturé, il en résulte la formation de plusieurs « cratons » séparés par des fosses dans lesquelles se déposent des sédiments argilo-gréseux (flysch) et, plus rarement, marneux, calcaires et dolomitiques. Il est probable que l'existence de coulées basiques est en relation avec les fractures et qu'elles ont commencé dès le début de la formation des géosynclinaux. Ces épanchements volcaniques (basaltes, andésites, et, plus rarement, dacites) sont accompagnés de brèches et de tufs, cependant qu'en profondeur cristallisent des gabbros et des dolérites. Nous ne connaissons pas l'ordre de succession ni la puissance totale de cette formation qui est devenue le *Birrimien*.

Par la suite, toutes ces roches sont soumises au *métamorphisme général* : les argiles deviennent des schistes sériciteux; les grès, des quartzites; les marnes, des chloritoschistes; les calcaires et les dolomies deviennent des amphibolites et des calco-chloritoschistes; certaines roches basiques sont ouralitisées et saussuritisées, cependant que d'autres, perdant complètement leur structure originelle, deviennent des schistes amphiboliques, des amphibolites et des épidotites.

Vers la fin de la période birrimienne, tout le pays est soumis à des *mouvements tectoniques* puissants, accompagnés de *venues granitiques* très importantes (granites syntectoniques). Ces granites, mis en place sous tension, sont généralement orientés. Toutefois, les granites non orientés

1. Il est toutefois possible que, dans ces migmatites, la trame seule soit d'âge archéen, l'apport granitique étant birrimien.

2. *Drame* est employé au sens de H. et G. TERMIER : sédimentation, granitisation et orogénèse, érosion.

ne sont pas rares; on peut supposer qu'ils se sont mis en place soit à une profondeur différente soit à l'intérieur de cratons qui, étant déjà consolidés, les gardaient à l'abri de l'influence de l'orogénèse.

Au contact des schistes préexistants, les éléments du granite s'infiltrèrent le long de lignes de moindre résistance, donnant naissance à des *migmatites*; lorsque l'apport granitique est beaucoup plus important que la trame, on observe un faciès particulier (granite migmatitique). En présence des roches basiques, l'apport granitique se traduit quelquefois par des faciès migmatitiques, mais, le plus souvent, il modifie les minéraux mêmes de la roche basique : l'actinote se transforme en hornblende (apport d'alumine), le plagioclase se charge en séricite (apport de potasse). Par apport progressif de feldspaths, on observe successivement les types suivants : amphibolite feldspathisés, diorite, diorite quartzique, granodiorite, granite à amphibole (phénomène d'endomorphisme).

Après les mouvements orogéniques birrimiens, de nouvelles roches cristallines se mettent en place. Ce sont des granites calco-alcalins et alcalins, et, plus rarement, des syénites. Elles se présentent à nous en *massifs circonscrits*.

Suit une longue période de calme et d'*érosion*. Les hautes montagnes birrimiennes sont activement arasées, ce qui a pour effet de faire apparaître en surface des roches telles que les granites qui s'étaient mises en place en profondeur. Quelques *sédiments* — les grès-quartzites de Tourcoingbam et ceux de l'Oudalan oriental — proviennent probablement du démantèlement des massifs montagneux birrimiens. Il est possible qu'ils aient été abondants, mais nous n'en connaissons actuellement que quelques lambeaux, tout le reste ayant été érodé.

De nouvelles venues basiques, gabbros et dolérite, se mettent en place, probablement en plusieurs fois, à des époques qu'il ne nous est pas possible de préciser, s'étageant du Tarkwaïen au Paléozoïque. Il est probable qu'à cette époque la région est émergée, cependant qu'au Nord et à l'Ouest (Gondo) se constitue un nouveau géosynclinal. A l'époque infra-cambrienne, celui-ci se remplit de sédiments argileux qui sont aujourd'hui les schistes d'Yboudan-Yassane, alors qu'en mer peu profonde se déposent des dolomies et des grès dolomitiques (série d'Irma). La ligne de rivage correspond à peu près aux grès de bordure actuels (elle devait être, en réalité, un peu plus au Sud puisque ces grès, érodés, constituent une falaise : ligne de *glint*).

On remarque trois différences entre le géosynclinal infracambrien et les géosynclinaux birrimiens :

1) Le flysch infracambrien est essentiellement schisteux, les grès n'apparaissant qu'en bordure, alors que le flysch (?) birrimien comprend des schistes et des quartzites (dont je n'ai pas pu étudier l'alternance);

2) Il n'y a pas de coulées volcaniques dans le géosynclinal infracambrien; ceci tient peut-être à ce que, situé en bordure du continent, il est un miogéosynclinal (1); l'eugéosynclinal, s'il a existé, se trouverait plus au Nord-Ouest, sous les grès de Bandiagara ou sous les alluvions du Niger; il n'est donc pas observable;

3) La tectonique infracambrienne est beaucoup plus douce que la tectonique birrimienne.

Puis le pays se fige et évolue comme une vieille plate-forme soumise à l'érosion. Dans le Nord-Ouest (Gondo), une soixantaine de mètres de *sédiments continentaux* se déposent, vraisemblablement à l'époque cœnozoïque. Les matériaux de ces sédiments proviennent simultanément du socle ancien et des grès de Bandiagara.

1. J. AUBOUIN (1959), p. 182.

Les formations récentes (alluvions et éluvions) peuvent, selon toute probabilité, être datées « Quaternaire ancien à actuel ». La latérite doit être du même âge ou peut-être de la fin du Cœnozoïque; sa formation remonte à une époque où le climat était plus humide qu'aujourd'hui et la végétation plus florissante.

Enfin apparaissent les dunes, au Nord du 14^e parallèle.

Principaux éléments nouveaux fournis par cette étude

Outre le levé de carte géologique d'une région de 90 000 km² qui était assez peu connue jusqu'alors, le travail que je présente aujourd'hui apporte à la connaissance géologique de la province birrimienne les principaux *faits nouveaux* suivants :

1^o Existence probable de formations anté-birrimiennes (série de Bamga, et, vraisemblablement, certains massifs migmatitiques).

2^o Grande extension des « schistes argileux » ou *shales* contenant : illite, kaolinite, quartz, albite; peut-être séricite, carbonates, chlorite; mais sans chloritoïde ni ottrélite; il s'agit probablement d'un faciès d'altération de schistes verts sous-jacents.

3^o Fréquence du métamorphisme dans la zone des micaschistes supérieurs (« faciès schiste vert »), mais existence locale de roches de faciès métamorphique plus « profond » : zone des micaschistes inférieurs et même zone des gneiss supérieurs (« faciès amphibolite à albite-épidote » et « faciès amphibolite »).

4^o Existence du métamorphisme de contact, au voisinage du granite syntectonique et des migmatites, ce métamorphisme se traduisant plus fréquemment par un faciès plus « profond » que par l'apparition de minéraux caractéristiques du contact (andalousite).

5^o Existence d'un faciès non orienté, à mica blanc, dans les granites baoulés.

6^o Existence d'un grand nombre de massifs circonscrits présentant des compositions assez variées (en particulier, les granites à muscovite étaient inconnus jusqu'à présent).

7^o Existence de nombreuses roches alcalines, granites et syénites, dont la plupart sont post-tectoniques ou post-birrimiennes, mais dont quelques-unes sont vraisemblablement syntectoniques.

8^o Existence probable de formations sédimentaires post-birrimiennes : série de Tourcoingbam, série de l'Oudalan oriental.

9^o Existence d'un certain nombre de filons de pegmatite à mica blanc et de greisen, souvent accompagnés d'une petite minéralisation en cassitérite, monazite, schéelite, colombo-tantalite.

10^o Beaux affleurements de minerai de fer riche et de minerai de manganèse, dans l'Oudalan et le canton d'Aribinnda.

ÉTUDE CHIMICO-MINÉRALOGIQUE

FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES

Groupe de Riziam

Quartzites

L'analyse partielle d'un quartzite à minerai (n° 293) prélevé entre Téma et Langué (L = 1°45'; l = 13° 1') a été donnée p. 66. Elle n'apporte que peu de renseignements sur la composition minéralogique de la roche.

Tufs

L'analyse chimique complète d'un grès ferrugineux tufacé (n° 737) provenant d'Ilyalla (L = 1° 1'; l = 12°49') a été donnée p. 193.

Séricitoschistes

Le séricitoschiste provenant d'Andem (n° 542) est composé essentiellement de quartz et de séricite en quantités égales, avec un peu d'épidote, de chlorite et de goethite. (L = 1°14'; l = 12°44'). Voici son analyse complète :

ANALYSE CHIMIQUE COMPLÈTE N° 542

Composition pondérale		Pourcentages ioniques	
Si O ₂	66,35	Si = 65,40	O = 130,80
Al ₂ O ₃	19,75	Al = 22,90	34,35
Fe ₂ O ₃	2,65	Fe''' = 2,00	3,00
Fe O.....	0,27	Fe'' = 0,22	0,22
Mn O.....	0,01	Mn = 0,01	0,01
Mg O.....	0,44	Mg = 0,65	0,65
Ca O.....	0,47	Ca = 0,50	0,50
Na ₂ O.....	0,65	Na = 1,20	0,60
K ₂ O.....	5,30	K = 6,70	3,35
Ti O ₂	0,55	Ti = 0,40	0,80
P ₂ O ₅	0,09	P = 0,07	0,17
H ₂ O ⁺	2 68		
H ₂ O ⁻	0,20		
	99,41	100,05	174,45
			OH = 17,60
			192,05
		moins O pour OH =	8,80
			183,25
A = 86		C = 5	
		F = 9	

N° 542 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap		Chlo	Epi	Ab	Séri	Lim	Goe	Q	
Si.....	65,40		0,39	0,57	3,6	21,06			39,78	quartz.. 39,78
Al.....	22,90		0,26	0,38	1,2	21,06				séricite . 48,82
Fe'''.....	2,00			0,19			0,20	1,61		albite . . 6,00
Fe'' + Mn.	0,23	0,23								epidote . 1,52
Mg.....	0,65		0,65							chlorite. 1,30
Ca.....	0,50	0,12		0,38						goethite. 1,61
Na.....	1,20				1,2					limonite. 0,20
K.....	6,70					6,70				apatite . 0,19
Ti.....	0,40		0,40							divers. . 0,63
P.....	0,07	0,07								
OH.....	17,60		1,04	0,19		14,36	0,40	1,61		100,05

Fe'' étant réservé pour la formation de l'ilménite, la chlorite calculée est purement magnésienne : $Mg_5 Al_2 Si_3 O_{10} (OH)_8$.

L'épidote calculée a pour composition $Ca_2 Al_2 Fe''' Si_3 O_{12} (OH)$; le rapport $\frac{Al}{Fe'''} = 2$ est normal.

L'albite n'a pas été observée, ce qui peut s'expliquer de deux façons : ou bien, non maclée, elle a été confondue avec le quartz; ou bien, très fine, elle n'a pas été distinguée de la séricite.

La séricite calculée a pour composition $K_{(1-\varepsilon)} Al_3 Si_3 O_{10} (OH)_{(2+\varepsilon)}$, avec ε inférieur à 0,05, ce qui n'est pas excessif.

Les radicaux OH restant ont été répartis entre goethite et limonite.

On remarque que Ti, plus abondant que (Fe'' + Mn) ne peut pas être entièrement épuisé par la formation d'ilménite. Ce caractère est commun avec les schistes argileux (*shales*) que nous avons vus pp. 93

101. Le titane excédentaire, au demeurant peu abondant, est peut-être présent sous forme de rutile, ou compris dans la goethite.

La lame mince n'a pas fait l'objet d'une numération précise au microscope, mais, mise à part la remarque concernant l'albite, la composition calculée d'après l'analyse chimique semble conforme à l'observation (quartz et mica en quantités équivalentes).

Calco-chloritoschistes

Bien que ces roches soient peu nombreuses dans le centre et le nord de la Haute-Volta, j'ai jugé bon de faire faire deux analyses car leur origine est très controversée en Afrique occidentale; plusieurs auteurs, dont L. BODIN (1951) et D. SOULÉ de LAFONT (1955) considèrent en effet comme « ortho-métamorphiques » des roches de Côte-d'Ivoire ressemblant à celles que j'ai observées en Haute-Volta.

L'échantillon n° 385 provient des bords de la Volta Blanche, entre Taghalla et Dollé ($L = 1^{\circ} 17'$; $l = 12^{\circ} 58'$); l'affleurement est une petite colline dont les relations avec les roches voisines, amphibolites et schistes ne sont pas visibles. La roche gris-verdâtre laisse apparaître des cristaux de carbonates visibles à l'œil nu (1). Au microscope, on observe, outre les carbonates, des lames de chlorite, dominée par la séricite en amas de fines lamelles et en quelques lames plus grandes; des cristaux de quartz et quelques feldspaths, magnétite et hématite.

L'échantillon n° 456 provient des environs d'Ankouna ($L = 0^{\circ} 46'$; $l = 13^{\circ} 43'$), à 12,5 km au Nord de Pinsa; c'est un petit affleurement au bord de la piste allant à Djika. Moins riche en carbonates que la précédente, la roche présente extérieurement l'aspect d'un chloritoschiste : roche vert sombre, à texture schisteuse. Au microscope, on reconnaît la calcite, à l'exclusion d'un autre carbonate. La chlorite occupe une place importante, mais la séricite est rare. Quartz abondant, un peu d'albite, minéral.

Voici les analyses chimiques complètes de ces deux échantillons :

ANALYSE CHIMIQUE COMPLÈTE N° 385

Composition pondérale		Pourcentages ioniques	
Si O ₂	47,70	Si = 49,20	O = 98,40
Al ₂ O ₃	16,05	Al = 19,50	29,25
Fe ₂ O ₃	3,90	Fe''' = 3,00	4,50
Fe O.....	5,20	Fe'' = 4,45	4,45
Mn O.....	0,13	Mn = 0,11	0,11
Mg O.....	3,20	Mg = 4,90	4,90
Ca O.....	6,70	Ca = 7,40	7,40
Na ₂ O.....	2,75	Na = 5,50	2,75
K ₂ O.....	3,75	K = 4,95	2,48
Ti O ₂	1,20	Ti = 0,95	1,90
P ₂ O ₅	0,04	P = 0,04	0,10
H ₂ O ⁺	1,45	100,00	156,24
H ₂ O ⁻	0		OH = 10,00
CO ₂	8,00		CO ₃ = 11,26
	100,07		177,50
			moins O pour OH et pour CO ₃ , 16,25
			161,25
A = 16		C = 32,5	
		F = 41,5	

1. Comme il a été dit p. 70, ces carbonates ont été déterminés comme calcite et dolomite.

ANALYSE CHIMIQUE COMPLÈTE N° 456

Composition pondérale		Pourcentages ioniques	
Si O ₂	48,45	Si = 47,45	O = 94,90
Al ₂ O ₃	16,50	Al = 19,05	} 30,30
Fe ₂ O ₃	1,60	Fe''' = 1,15	
Fe O.....	10,71	Fe'' = 8,75	8,75
Mn O.....	0,20	Mn = 0,15	0,15
Mg O.....	7,60	Mg = 11,10	11,10
Ca O.....	5,60	Ca = 5,85	5,85
Na ₂ O.....	2,70	Na = 5,10	2,55
K ₂ O.....	0,30	K = 0,40	0,20
Ti O ₂	1,10	Ti = 0,80	1,60
P ₂ O ₅	0,12	P = 0,10	0,25
H ₂ O ⁺	1,05	99,90	155,65
H ₂ O ⁻	0,20		OH = 6,90
CO ₂	4,00		CO ₃ = 5,35
	100,13		167,90
		moins O pour OH et pour CO ₃	8,80
			159,10
A = 22		C = 18	
		F = 60	

N° 385 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Cal	Dol	Il	Ma	Chlo	Ab	Mus	Micr	Q	
Si.....	49,20					1,85	16,50	11,70	3,15	16,00	quartz.... 16,00
Al.....	19,50					1,23	5,50	11,70	1,05		microcline 5,25
Fe'''.....	3,00				3,00						albite 27,50
Fe''+Mn	4,56			0,95	1,50	2,11					séricite... 27,35
Mg.....	4,90		3,93			0,97					chlorite... 6,16
Ca.....	7,40	0,07	3,40	3,93							dolomite.. 7,86
Na.....	5,50						5,50				calcite ... 3,40
K.....	4,95							3,90	1,05		magnétite. 4,50
Ti.....	0,95			0,95							ilménite .. 1,90
P.....	0,04	0,04									apatite ... 0,11
OH.....	10,00					4,93		7,80			
C O ₃	11,26	3,40	7,86								100,03

Comme on le voit, mise à part une légère insuffisance de radicaux OH, il est facile de reconstituer la composition équivalente de la roche d'après les minéraux observés; pour simplifier, la séricite a été calculée comme muscovite.

L'attribution de la totalité de Fe''' à la magnétite est arbitraire (cet élément pourrait entrer aussi bien dans une titanomagmnetite ou une titanohématite); cette hypothèse étant admise, la chlorite calculée a pour composition Mg_{1,8} Fe'''_{3,4} Al₂ Si₃ O₁₀ (OH)₈; elle est donc beaucoup plus riche en fer qu'une pennine ou un clinocllore; comme ce n'est pas non plus une delessite, minéral qui, au microscope, se distingue facilement des précédents, il s'agit probablement d'une ripidolite ou d'un ferrostilpnomélane: celui-ci se forme surtout dans des roches para-métamorphiques (F. J. TURNER, 1948), celle-là est fréquente dans les roches d'origine éruptive (A. LACROIX, 1922, tome I, p. 484).

L'abondance des feldspaths, microcline et surtout albite, (un tiers de la roche) est surprenante; la remarque faite à leur sujet, à propos de l'analyse n° 542 peut également s'appliquer ici.

Les anions CO₃ n'étant pas totalisés dans la composition équivalente, les nombres 7,86 et 3,40 ne rendent pas bien compte de l'importance des carbonates dans la roche. D. SOULÉ de LAFONT (1955, p. 38) qui a observé, en Côte-d'Ivoire, une roche très voisine de celle-ci, considère que le carbonate est

une calcite contenant Fe'' et calcule calcite et sidérose. Je n'ai pas adopté ce point de vue, pour les raisons suivantes :

1) d'après l'étude optique et microchimique, il est probable que l'un des carbonates observés est la dolomite et non la sidérose (1);

2) on ne pourrait calculer ici la sidérose qu'en supprimant la plus grande partie de l'ilménite et de la magnétite et en faisant apparaître l'hématite et le rutile, ce qui serait contraire aux observations.

N° 456 Composition équivalentaire d'après les minéraux observés

	Ap	Cal	Ilm	Ma	Séri	Ab	An	Chlo	Excé- dents Al+Si	
Si.....	47,45				1,2	15,3	0,66	11,17	19,12	albite ... 25,50
Al	19,05				1,2	5,1	0,66	7,45	4,64	anorthite. 1,65
Fe'''	1,15			1,15						séricite .. 2,80
$Fe'' + Mn$...	8,90		0,8	0,57				7,53		chlorite.. 37,25
Mg	11,10							11,10		calcite ... 5,35
Ca	5,85	0,17	5,35				0,33			ilménite.. 1,60
Na	5,10					5,1				magnétite 1,72
K	0,40				0,4					apatite .. 0,27
Ti	0,80		0,8							excédents
P.....	0,10	0,10								Al+Si.. 23,76
CO_3	5,35	5,35								
OH.....	6,90				0,8			14,90		99,90

La chlorite calculée a une composition moyenne : $Mg_3 Fe_2 Si_3 O_{10} (OH)_8$; la présence de 6 ou 7 % d'anorthite dans l'albite n'est pas extraordinaire, mais la quantité totale de feldspath (plus du quart de la roche) appelle la même remarque que pour les analyses précédentes. La séricite est peu abondante, ce qui est conforme aux observations.

Par contre, en ce qui concerne OH et Al, les résultats du calcul sont assez mauvais : il manque 8,80 OH pour former la chlorite, et il reste 4,64 Al inutilisés. Dans la composition pondérale, ceci correspondrait à un défaut de 1,35 grammes de H_2O^+ (soit 2,40 au lieu de 1,05), et à un excédent de 4 grammes de Al_2O_3 (soit 12,50 au lieu de 16,50). Ces quantités sont nettement supérieures aux erreurs qu'on a l'habitude de considérer comme normales dans une analyse chimique; aussi nous sommes conduits à rechercher une autre explication.

L'excédent d'alumine correspond peut-être à la présence de pyrophyllite $Al_2 Si_4 O_{10} (OH)_2$. Ce minéral, peu différent de la séricite, a pu échapper à l'observation microscopique, et, d'après J. JUNG et M. ROQUES (1952), il apparaît normalement, en milieu alumineux, dans la zone des micaschistes supérieurs. Voici de quelle façon on pourrait envisager l'utilisation des excédents de Al et de Si :

Si	19,12	9,28	9,84	Quartz	9,84
Al	4,64	4,64		Pyrophyllite	13,92
OH nécessaire.....		4,64			23,76

Cette hypothèse a un inconvénient : elle aggrave le défaut de radicaux OH.

La question mériterait une étude plus détaillée (séparation physique des divers constituants de la roche, examen aux rayons X et analyse chimique des différentes phases ainsi séparées); je n'ai pas pu l'entreprendre car je n'ai eu connaissance des résultats de l'analyse n° 456 que peu de temps avant de quitter le laboratoire de Dakar.

Composition virtuelle

L'origine de ces roches étant douteuse, on peut essayer de calculer la composition virtuelle. La principale difficulté provient de la présence de CO_2 en grande quantité. A ce sujet, CIPW (1903), puis

1. Il existe cependant un carbonate complexe, l'ankérite $CO_3 Ca.CO_3 (Mg, Fe'', Mn)$ peu différent de la dolomite avec laquelle il forme une série continue, et un carbonate double, la ferrocalcite, contenant au moins 4% de $CO_3 Fe$ (A. LACROIX, 1909, tome III, pp. 437 et 658).

A. LACROIX (1933) précisent que si la calcite est primaire, elle est comptée comme barylite; si elle est secondaire (produit d'altération) ou si elle résulte de l'assimilation d'un calcaire, elle n'est comprise ni dans les coupholites ni dans les barylites et doit être comptée à part. Aucun de ces auteurs n'envisage de calculer un autre carbonate que la calcite.

Plus tard, R. FREY (1937) suggère que, lorsque la calcite provient de l'altération d'un plagioclase, on pourrait compter CaO avec l'anorthite et éliminer CO_2 . Bien que cette décision paraisse un peu arbitraire, j'ai voulu, avant de faire mon choix, calculer la composition virtuelle des deux calco-chloritoschistes par les deux méthodes.

Voici les résultats :

Composition virtuelle calculée avec les carbonates			
385		456	
quartz.....	14,35	quartz.....	11,95
orthose.....	22,15	orthose.....	1,80
albite.....	23,25	albite.....	22,70
corindon.....	7,45	anorthite.....	1,75
Si O ₃ Mg.....	1,60	corindon.....	11,10
Si O ₃ Fe.....	4,60	Si O ₃ Mg.....	18,90
magnétite.....	5,65	Si O ₃ Fe.....	16,95
ilménite.....	2,30	magnétite.....	2,30
apatite.....	0,10	ilménite.....	2,10
calcite.....	5,55	apatite.....	0,30
dolomite.....	11,65	calcite.....	9,10
H ₂ O ⁺	1,45	H ₂ O [±]	1,25
	100,10		100,20

Composition virtuelle calculée en éliminant CO_2

385		456	
orthose.....	22,15	quartz.....	0,90
albite.....	23,25	orthose.....	1,80
anorthite.....	20,35	albite.....	22,70
	43,60	anorthite.....	27,00
diopside { Si O ₃ Ca.....	5,30	corindon.....	1,85
	3,25	hyper- { Si O ₃ Mg..	18,90
	1,85	sthène { Si O ₃ Fe... 16,95	16,95
hyper- { Si O ₃ Mg.....	2,65		35,85
sthène { Si O ₃ Fe.....	1,50	magnétite.....	2,30
olivine { Si O ₄ Mg ₂	1,45	ilménite.....	2,10
	0,90	apatite.....	0,30
magnétite.....	5,65	CO ₂ + H ₂ O.....	5,25
ilménite.....	2,30		100,05
apatite.....	0,10		
CO ₂ + H ₂ O.....	9,45		
	100,15		

Dans le cas de la roche 385, les deux modes de calcul aboutissent à des absurdités : soit apparition de dolomite, minéral qui n'est pas prévu dans la norme CIPW, et disparition de l'anorthite (alors que la roche ne ressemble ni à un granite alcalin, ni à une syénite à corindon), soit apparition d'olivine virtuelle (alors que la roche est quartzifère).

Dans le cas de la roche 456, il n'y a pas d'absurdité : si l'on veut calculer les carbonates, il apparaît une quantité anormale de corindon virtuel, mais si l'on élimine CO_2 , on obtient une composition virtuelle qui pourrait être celle d'une norite ou d'une labradorite.

Micaschistes

L'analyse d'un micaschiste a été donnée page 89 à titre d'exemple.

Série de Bamga

Gneiss à épidote, zoïsite, calcite et chlorite

Deux échantillons ont été analysés. La roche n° 437 provient de collines ($L = 0^{\circ} 21'$; $l = 13^{\circ} 30'$) situées à mi-chemin entre Calio (Ouanga) et Taparko (cercle de Boulssa). Voici sa composition modale :

	Pourcentage observé	Déviati on standard
quartz	38,7	2,0
microcline	5,25	0,95
albite	42,1	2,1
épidote	2,0	0,6
chlorite	2,5	0,65
calcite	5,1	0,9
magnétite	3,6	0,8
sphène	0,7	0,35
	99,95	

Nombre de points observés : 589.

La roche n° 469 provient d'une colline ($L = 0^{\circ} 26'$; $l = 13^{\circ} 3'$) située au Nord de Gargo, côté est de la piste allant de Zérédérin à Tougouri. Voici sa composition minéralogique :

quartz abondant	épidote	sphène
oligoclase séricitisé	zoïsite	apatite
	chlorite	minéral
	calcite	

} rares

Voici les analyses chimiques complètes de ces deux échantillons :

ANALYSE CHIMIQUE COMPLÈTE N° 437			ANALYSE CHIMIQUE COMPLÈTE N° 469		
Composition pondérale	Pourcentages ioniques		Composition pondérale	Pourcentages ioniques	
Si O ₂ 72,55	Si = 70,40	O = 140,80	Si O ₂ 73,35	Si = 71,80	O = 143,60
Al ₂ O ₃ 9,00	Al = 10,30	15,45	Al ₂ O ₃ 10,90	Al = 12,55	18,82
Fe ₂ O ₃ 4,30	Fe''' = 3,15	4,73	Fe ₂ O ₃ 2,40	Fe''' = 1,75	2,63
Fe O..... 2,00	Fe'' = 1,60	1,60	Fe O..... 3,60	Fe'' = 2,95	2,95
Mn O..... 0,11	Mn = 0,08	0,08	Mn O..... 0,07	Mn = 0,06	0,06
Mg O..... 0,90	Mg = 1,30	1,30	Mg O..... 0,85	Mg = 1,25	1,25
Ca O..... 2,95	Ca = 3,05	3,05	Ca O..... 2,55	Ca = 2,65	2,65
Na ₂ O..... 4,60	Na = 8,65	4,32	Na ₂ O..... 3,40	Na = 6,45	3,23
K ₂ O..... 0,90	K = 1,10	0,55	K ₂ O..... 0,10	K = 0,12	0,06
Ti O ₂ 0,40	Ti = 0,30	0,60	Ti O ₂ 0,55	Ti = 0,40	0,80
P ₂ O ₅ 0,08	P = 0,06	0,15	P ₂ O ₅ 0,08	P = 0,06	0,15
H ₂ O ⁺ 1,15			H ₂ O ⁺ 1,25		
H ₂ O ⁻ 0,20			H ₂ O ⁺ 0,20		
	99,99	172,63		100,04	176,20
		OH = 7,44			OH = 8,20
		180,07			184,40
	moins O pour OH =	3,72		moins O pour OH =	4,10
		176,35			180,30
A = 23	C = 39	F = 38	A = 36	C = 25	F = 39

Ces deux analyses, très voisines, présentent les particularités suivantes : forte proportion de silice; pauvreté en alumine et en potasse.

N° 437 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Sph	Micr	Ab	Epi	Cal	Ma	Chlo	Q	
Si	70,40	0,30	3,30	25,95	0,80			1,02	30,93	quartz 39,03
Al	10,30		1,10	8,65	0,55					microcline . 5,50
Fe'''	3,15				0,25		2,90			albite 43,25
Fe'' + Mn.	1,68						1,45	0,23		épidote ... 2,13
Mg	1,30							1,30		chlorite ... 2,55
Ca	3,05	0,10	0,30		0,53	2,12				magnétite . 4,35
Na	8,65			8,65						sphène 0,90
K	1,10		1,10							apatite 0,16
Ti	0,30	0,30								calcite 2,12
P	0,06	0,06								99,99
OH	7,44				0,27			2,04		Σ coup = 87,78
										Σ bar = 12,21

Après avoir utilisé Ca pour le sphène, l'apatite et l'épidote, je ne forme pas d'anorthite puisque le plagioclase observé est l'albite (d'ailleurs, vue l'insuffisance d'aluminium, ce ne serait pas possible). Aussi, bien que C O_2 n'ait pas été dosé, l'excédent de Ca est-il compté comme calcite, minéral qui est abondant dans les interstices (1).

La chlorite calculée est une antigorite (non alumineuse) : $(\text{Mg}, \text{Fe}'')_3 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$ avec $\frac{\text{Mg}}{\text{Fe}''} = 5,6$.

La composition calculée correspond bien à ce qui a été observé; en ce qui concerne la calcite, les anions C O_3 n'étant pas totalisés dans la composition équivalente, la quantité indiquée ici (2,12 éq.) est sous-estimée par rapport à l'évaluation volumétrique.

N° 469 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Séri	Ab	An	Epi	Zo	Sph	Il	Ma	Chlo	Q
Si	71,80	0,36	19,35	4,00	0,53	0,08	0,15			1,92	45,41
Al	12,55	0,36	6,45	4,00	0,38	0,08				1,28	
Fe'''	1,75				0,15				1,60		
Fe'' + Mn	3,00							0,25	0,80	1,95	
Mg	1,25									1,25	
Ca	2,65	0,10		2,00	0,35	0,05	0,15				
Na	6,45		6,45								
K	0,12	0,12									
Ti	0,40						0,15	0,25			
P	0,06	0,06									
OH	8,20	0,24			0,17	0,03				2,56	
quartz			45,40							report ...	96,96
albite	32,25	F=	42,25						2,40	M=	2,90
anorthite	10,00								0,50		
séricite			0,84								0,16
épidote			1,41								
zoisite			0,21								100,02
chlorite			6,40								
sphène			0,45								
			96,96								
					An (%) = 24						
					Σ coup = 88,50						
					Σ bar = 11,50						

1. Les masses moléculaires des radicaux OH et CO_3 étant respectivement 17 et 60, les 5,13 OH restant à la fin du calcul sont équivalents à : $\frac{5,13 \times 17}{60} = 1,45 \text{ CO}_3$.

Le calcul de l'apatite, de la séricite et de l'albite est déterminé par les quantités de P, K et Na disponibles. L'anorthite est ensuite calculée de façon à donner un plagioclase (An 24) conforme à l'observation. Il faut ensuite répartir Ca entre épidote (zoisite) et sphène; il est nécessaire pour cela d'opérer par tâtonnements, de façon à avoir exactement la quantité de Al qui doit entrer dans la chlorite. Celle-ci a pour composition : $\text{Fe}''_3 \text{Mg}_2 \text{Al}_2 \text{Si}_3 \text{O}_{10} (\text{OH})_8$. A l'examen microscopique, elle semble moins abondante que ne le laisse croire le calcul.

Gneiss à biotite, amphibole et grenat

La roche n° 633 provient d'un affleurement situé au N.NW de Koury ($L = 0^\circ 9'$; $l = 13^\circ 54'$). Elle est composée de :

quartz	biotite	épidote	sphène
oligoclase basique	hornblende bleutée rare	zoisite	titanomagnétite
microcline rare	grenat	séricite	apatite

Voici les résultats de son analyse chimique complète :

ANALYSE CHIMIQUE COMPLÈTE N° 633

Composition pondérale		Pourcentages ioniques	
Si O ₂	74,25	Si = 70,65	O = 141,30
Al ₂ O ₃	12,13	Al = 13,60	20,40
Fe ₂ O ₃	2,82	Fe''' = 2,00	3,00
Fe O.....	1,77	Fe'' = 1,40	1,40
Mn O.....	0,10	Mn = 0,08	0,08
Mg O.....	0,28	Mg = 0,40	0,40
Ca O.....	2,15	Ca = 2,20	2,20
Na ₂ O.....	4,75	Na = 8,75	4,37
K ₂ O.....	0,50	K = 0,60	0,30
Ti O ₂	0,40	Ti = 0,30	0,60
P ₂ O ₅	0,04	P = 0,03	0,08
H ₂ O ⁺	0,70	100,01	174,13
H ₂ O ⁻	0,18		OH = 4,45
	100,07		178,58
		moins O pour OH :	2,23
			176,35
A = 43,5		C = 30,5	
		F = 26	

Par suite de l'indécision sur la nature du grenat et de la composition variable de la hornblende et de la biotite, il a pas été possible de rechercher la composition équivalente d'après les minéraux observés.

Séries de Tourcoingbam et de l'Oudalan oriental

La composition minéralogique des roches de ces deux séries est simple et l'étude microscopique nous permet de les connaître suffisamment. Aussi aucune analyse chimique n'a été faite.

Paramètres de Niggli :

$$\begin{aligned} al &= 26,4 & si &= 145,5 \\ fm &= 43,2 & si' &= 136,4 \\ c &= 21,3 & qz &= 9,1 \\ alk &= 9,1 & k &= 0,24 \\ & & mg &= 0,58 \end{aligned}$$

Paramètres de Lacroix :

$$II'.5. (3)4.4 [1.1.1'. '3]$$

en hypersthène, qu'en diopside virtuels, elle pourrait être appelée *norite*.

D'après les paramètres de Niggli, la roche de Gâ est à la limite d'une diorite et d'un gabbro-diorite.

Labradorites métamorphisées

La roche analysée (n° 614) constitue un petit affleurement situé au sud-est de Koupèla (groupement d'Imiouyou, canton de Boussouma) ($L = 1^{\circ} 18'$; $l = 12^{\circ} 51'$). La texture ancienne, microgrenue ou microlitique est remplacée par une texture lépidoblastique orientée. Voici sa composition modale :

N° 614	Pourcentage observé	déviati on standard
<i>phénoblastes :</i>		
actinote.	23,5	2,0
<i>fond :</i>		
zoisite.	43,7	2,3
quartz.	13,1	1,6
chlorite.	11,2	1,5
leucoxène (sphène).	4,5	1,0
calcite.	1,7	0,6
apatite.	1,5	0,6
	99,2	

accessoirement : plagioclase, sphène, augite, minéral (moins de 0,5 % chacun)

Nombre de points comptés : 430

ANALYSE CHIMIQUE COMPLÈTE N° 614

Composition pondérale		Pourcentages ioniques	
Si O ₂	49,08	Si = 48,70	O = 97,40
Al ₂ O ₃	15,25	Al = 17,80	26,70
Fe ₂ O ₃	2,40	Fe''' = 1,80	2,70
Fe O.....	9,00	Fe'' = 7,45	7,45
Mn O.....	0,20	Mn = 0,17	0,17
Mg O.....	7,67	Mg = 11,30	11,30
Ca O.....	10,20	Ca = 10,85	10,85
Na ₂ O.....	0,65	Na = 1,25	0,62
K ₂ O.....	0,10	K = 0,12	0,06
Ti O ₂	0,70	Ti = 0,52	1,04
P ₂ O ₅	0,06	P = 0,05	0,13
H ₂ O ⁺	0,78	100,01	158,42
H ₂ O ⁻	0,15		OH = 5,15
C O ₂	3,50		C O ₃ = 4,75
	99,74		168,32
		moins pour OH et CO ₃ :	7,32
			161,00
A = 23		C = 28	
		F = 49	

N° 614 Composition virtuelle			Or = 1	An % = 87 %
			Pl = 80	
quartz	8,15			
albite	5,50			
anorthite	38,35			
total plagioclase		43,85		
orthose	0,55			
total feldspaths		44,40		
total coupholites		52,55		
(Si O ₃) ₂ Ca Mg	5,95			
(Si O ₃) ₂ Ca Fe	3,75			
total diopside		9,70		
Si O ₃ Mg	16,30			
Si O ₃ Fe	11,70			
total hypersthène		28,00		
total pyroxène		37,70		
magnétite	3,50			
ilménite	1,35			
total minéral		4,85		
apatite	0,15			
total barylites		42,70		
H ₂ O ⁺	0,93			
C O ₂	3,50			
	99,68			

Paramètres de Lacroix :

III. 4₍₅₎. '5. '5 [1₍₂₎. 1. 1₍₂₎. (2) 3]

D'après les paramètres de Lacroix et la composition du plagioclase virtuel, il s'agit d'une labradorite ou d'une micronorite (comme la roche est quartzifère, ce n'est pas un basalte).

Cette détermination est confirmée par les paramètres de Niggli.

Paramètres de Niggli :

al = 21,7 si = 118,4
 fm = 50,3 si' = 106,8
 c = 26,3 qz = 11,6
 alk = 1,7 k = 0,09
 mg = 0,54

Amphiboloschistes à épidote

ANALYSES CHIMIQUES COMPLÈTES N°s 260 ET 386

Composition pondérale			Pourcentages ioniques			
	260	386	« cations »		« anions »	
			260	386	260	386
Si O ₂	47,85	47,70	Si = 45,85	47,45	O = 91,70	94,90
Al ₂ O ₃	15,75	12,70	Al = 17,80	14,45	O = 26,70	22,28
Fe ₂ O ₃	2,60	5,80	Fe''' = 1,90	4,35	O = 2,85	6,52
Fe O	10,15	11,25	Fe'' = 8,08	9,30	O = 8,08	9,30
Mn O	0,15	0,20	Mn = 0,12	0,15	O = 0,12	0,15
Mg O	7,70	5,75	Mg = 11,00	8,50	O = 11,00	8,50
Ca O	10,75	10,75	Ca = 11,05	11,45	O = 11,05	11,45
Na ₂ O	1,80	1,35	Na = 3,35	2,60	O = 1,67	1,30
K ₂ O	0,30	0,30	K = 0,37	0,40	O = 0,18	0,20
Ti O ₂	0,60	1,30	Ti = 0,45	0,95	O = 0,90	1,90
P ₂ O ₅	0,08	traces	P = 0,06		O = 0,15	
H ₂ O ⁺		3,65				
H ₂ O ⁻		0,10				
Pf	3,30					
	101,03	100,85	100,03	100,00	154,40	156,50
					OH(I) = 21,10	24,20
					175,50	180,70
					moins O pour OH = 10,95	12,10
					164,95	168,60

n° 260 A = 21 C = 29 F = 50
 n° 386 A = 21,5 C = 30,5 F = 48

1. Dans l'analyse n° 260, l'évaluation de OH est un maximum, tout le Pf (perte au feu) ayant été compté comme H₂ O⁺.

La roche n° 386 constitue un petit affleurement dans le village de Sibylla ($L = 1^{\circ} 14'$; $l = 13^{\circ} 6'$) près du lac de Sian. Elle est composée d'épidote, zoïsité, ouralite, quartz, minerai, un peu d'albite et de calcite. La roche n° 260, prélevée à 2 km au Sud-Est de Tinndila ($L = 2^{\circ} 14'$; $l = 12^{\circ} 48'$), a une composition minéralogique fort simple : amphibole vert-jaune pâle (plus de la moitié de la roche), épidote, albite, séricite et minerai.

N° 386 Composition équivalente d'après les minéraux observés

		Ab	Sér	Il	Ma	Amphibole		Epi	Zo	Q	
						(a)	(b)				
Si.....	47,45	7,8	1,2			9,28	16,1	3,00	3,8	6,27	quartz... 6,27
Al.....	14,85	2,6	1,2				4,6	2,65	3,8		albite... 13,00
Fe'''.....	4,35				4,0			0,35			séricite... 2,80
Fe'' + Mn.....	9,45			0,95	2,0	2,5	4,0				épidote... 8,00
Mg.....	8,50					3,3	5,2				zoïsité... 10,13
Ca.....	11,45					2,32	4,6	2,0	2,53		amphibole :
Na.....	2,60	2,6									(a)..... 17,40
K.....	0,40		0,4								(b)..... 34,50
Ti.....	0,95			0,95							magnétite 6,00
OH.....	24,20		0,8			4,62	4,6	1,0	1,27		ilménite.. 1,90
											100,00

Marche du calcul : Na est compté en albite, K en séricite (calculée, pour simplifier, comme muscovite), Ti est compté en ilménite. Je réserve une petite quantité (arbitraire) de Fe''' pour l'épidote et je calcule le reste en magnétite.

J'essaie alors d'affecter la totalité de (Mg + Fe'') restant (soit $8,5 + 6,5 = 15,0$ éq.) à l'actinote, ce qui nécessite 6,0 Ca, — et de compter les 5,45 Ca restants en épidote-zoïsité. Dans ces conditions, je constate qu'il reste 2,85 Al inutilisés. Je suis donc obligé d'admettre que l'amphibole observée est intermédiaire entre une actinote pure $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}'')_5(\text{OH})_2\text{Si}_3\text{O}_{22}$ (a) [et une hornblende $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}'')_4(\text{OH})_2\text{Si}_7\text{Al}_2\text{O}_{22}$ (b)]. Par tâtonnements, j'obtiens le résultat donné ci-dessus, comportant environ un tiers de (a) et deux-tiers de (b).

On remarque un important excès de radicaux (OH) (la moitié).

La roche n'a pas fait l'objet d'une étude au compteur de points, mais la quantité totale d'amphibole (52 %) est vraisemblable. Toutefois, on ne peut se cacher que ce calcul est un peu arbitraire. En effet :

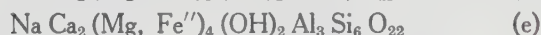
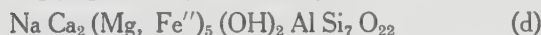
- 1) Na a été calculé entièrement en albite, alors que l'amphibole en contient peut-être une petite quantité;
- 2) la séricite a été calculée comme muscovite, alors qu'elle est, en réalité, plus riche en Al;
- 3) rien ne prouve que le minerai observé correspond exactement à la composition ilménite + magnétite;
- 4) la séparation épidote-zoïsité est arbitraire.

La seule conclusion valable de cette étude est que l'amphibole (ouralite) observée ne peut pas être une actinote pure.

Composition de l'amphibole

Nous venons de rencontrer ici une amphibole du genre hornblende, et nous en rencontrerons d'autres par la suite. Ce minéral a une composition variable et les auteurs ne sont pas tous d'accord à son sujet. La composition adoptée ici est celle qui est indiquée par A. et H. WINCHELL (1956); voici comment on peut l'expliquer :

La formule de départ est celle de l'*actinote* : $(\text{OH}/\text{Si}_4 \text{O}_{11})_2 (\text{Mg}, \text{Fe}'')_5 \text{Ca}_2$, qu'on peut écrire : $\text{Ca}_2 (\text{Mg}, \text{Fe}'')_5 (\text{OH})_2 \text{Si}_8 \text{O}_{22}$. On obtient les différentes formules de hornblendes en remplaçant, à égalité de valences, soit Si par Al + Na, soit Si + (Mg, Fe'') par 2 Al, ce qui donne, en particulier, les quatre formules suivantes :



Ces différents termes peuvent se mélanger en toutes proportions, entre eux et avec l'*actinote* elle-même. Quelques-uns des termes purement magnésiens ont reçu des noms : *tschermakite* (c), *édénite* (d), *hastingsite* (e).

N° 260 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Epi	Titano-ma	Ab	Amphibole		Zo	Séri	Q	
					(b)	(c)				
Si..... 45,85		1,5		10,05	25,76	5,76	1,00	1,25	0,53	quartz.... 0,53
Al..... 17,80		1,0		3,35	7,36	3,84	1,00	1,25		albite.... 16,75
Fe'''..... 1,90		0,5	1,40							séricite... 2,87
Fe''+Mn 8,20			0,45+1,15		5,52	1,08				épidote... 4,00
Mg..... 11,00					9,20	1,80				zoïsité.... 2,67
Ca..... 11,05	0,10	1,0			7,36	1,92	0,67			amphibole :
Na..... 3,35				3,35						(b)..... 55,20
K..... 0,37								0,37		(c)..... 14,40
Ti..... 0,45			0,45							minéral... 3,45
P..... 0,06	0,06									apatite... 0,16
OH..... 21,10		0,5			7,36	1,92	0,33	0,88		100,04

Marche du calcul : après le décompte d'une quantité approximative d'épidote, le reste de Fe''' et Ti est compté en titanomagnétite. La totalité de Na est calculée arbitrairement en albite. L'aluminium étant abondant, le calcul est orienté vers des formes d'amphiboles (b et c) très alumineuses; il ne peut se faire que par tâtonnement, de façon à utiliser la plus grande partie de Al dans l'amphibole, tout en ménageant la quantité juste nécessaire pour la zoïsité et la séricite. L'amphibole ainsi obtenue contient environ 80 % de (b) et 20 % de (c); il n'est pas possible de réduire la quantité d'albite et de faire entrer un peu de Na dans l'amphibole, sans faire apparaître du quartz, minéral qui n'a pas été observé.

Sous réserve de la petite imprécision concernant la répartition de Fe''', nous pouvons donc admettre que l'amphibole, qui constitue près de 70 % de la roche, a probablement une composition voisine de celle qui a été trouvée par le calcul.

Composition virtuelle

	260		386	
quartz.....	—		6,15	
albite.....	15,25		11,50	
anorthite.....	34,00		27,65	
total plagioclase.....		49,25		39,15
orthose.....	1,75		1,75	
total feldspaths.....		51,00		40,90
total coupholites.....		51,00		47,05
(Si O ₃) ₂ Ca Mg.....	8,95		11,45	
(Si O ₃) ₂ Ca Fe.....	6,50		9,80	
total diopside.....		15,45		21,25
Si O ₃ Mg.....	12,70		9,05	
Si ₂ O ₃ Fe.....	10,40		8,90	
total hypersthène.....		23,10		17,95
total pyroxène.....		38,55		39,20
Si O ₄ Mg ₂	1,60		—	
Si O ₄ Fe ₂	1,45		—	
total olivine.....		3,05		—
magnétite.....	3,80		8,40	
ilménite.....	1,15		2,45	
total minéral.....		4,95		10,85
apatite.....	0,20		tr.	
total barylites.....		46,80		50,05
H ₂ O [±] (Pf).....	3,30		3,75	
	101,05		100,85	
Or/Pl		0,035		0,05
An (%)		70		71

Paramètres de Lacroix :

 n° 260 : III . 5 . 4 . ₍₄₎5 [1₍₂₎ . 1' . '2 . '3]

 n° 386 : III . 4₍₅₎ . 4 . 4₍₅₎ [2 . 1 . 2 . 3]

D'après les paramètres de Lacroix et la composition du plagioclase virtuel, les roches n°s 260 et 386 pourraient provenir de basaltes ou de gabbros; cette détermination est en accord avec les paramètres de Niggli que nous énumérons ci-dessous :

n° 260			n° 386		
<i>al</i> = 20,7	<i>si</i> = 107		<i>al</i> = 17,4	<i>si</i> = 110,8	
<i>fm</i> = 49,3	<i>k</i> = 0,10		<i>fm</i> = 52,4	<i>k</i> = 0,13	
<i>c</i> = 25,7	<i>mg</i> = 0,52		<i>c</i> = 26,7	<i>mg</i> = 0,38	
<i>alk</i> = 4,3			<i>alk</i> = 3,5		

Schistes à chlorite et amphibole

La roche n° 420 provient de la colline Dangoma (L = 0° 40'; l = 13° 37'), située entre Raoua (l'homme) et Pagha (la femme), à 3,5 km à l'Ouest de Bouroum. On y observe ouralite, chlorite, saussurite, quartz et titanomagnétite.

L'échantillon n° 527 a été recueilli à mi-chemin entre Candé et Bélogotenga, à quelques centaines de mètres au Nord de la piste d'Abchouya à Zam, et à l'Est du village de Bédogo (L = 0° 55'; l = 12° 34'). La roche est constituée par :

quartz	épidote	chlorite	actinote	apatite	minéral
albite	zoïsité	séricite		calcite	pyrite abondante
microcline					

Ni cette paragenèse complexe ni la structure nématoblastique actuelle ne nous donnent de renseignements certains sur l'origine de la roche.

ANALYSES CHIMIQUES COMPLÈTES N°S 420 ET 527

Composition pondérale			Pourcentages ioniques			
	420	527	« cations »		« anions »	
			420	527	429	527
Si O ₂	55,95	58,75	Si = 54,15	57,35	O = 108,30	114,70
Al ₂ O ₃	14,08	13,80	Al = 16,00	15,85	O = 24,00	23,77
Fe ₂ O ₃	3,21	5,05	Fe''' = 2,30	3,70	O = 3,45	5,55
Fe O	7,14	2,75	Fe'' = 5,75	2,25	O = 5,75	2,25
Mn O	0,14	0,09	Mn = 0,12	0,08	O = 0,12	0,08
Mg O	6,50	3,65	Mg = 9,35	5,30	O = 9,35	5,30
Ca O	5,64	5,25	Ca = 5,85	5,50	O = 5,85	5,50
Na ₂ O	2,90	3,20	Na = 5,45	6,05	O = 2,72	3,02
K ₂ O	0,27	2,35	K = 0,33	2,95	O = 0,17	1,48
Ti O ₂	0,80	1,00	Ti = 0,60	0,75	O = 1,20	1,50
P ₂ O ₅	0,10	0,29	P = 0,08	0,24	O = 0,20	0,60
H ₂ O ⁺	3,80					
H ₂ O ⁻	0,25	0,10				
Pf(1)		3,85				
	100,78	100,13	99,98	100,02	161,11	163,75
					OH = 24,50	16,30
					S = 2,50	2,50
					185,61	182,55
					moins O pour OH et S 12,25	10,02
					173,36	172,53
n° 420	A = 23	C = 21	F = 56			
n° 527	A = 43,5	C = 23,5	F = 33			

1. Perte au feu, comprenant en particulier S = 1,35 ainsi que CO₂ et H₂ O⁺

La composition virtuelle de la roche n° 527 et ses paramètres de Lacroix sont ceux d'une diorite quartzique ou d'une dacite. Toutefois, rappelons-le, le fait qu'on peut effectuer les calculs ne prouve pas *ipso facto* que la roche est ortho-métamorphique.

D'après les paramètres de Lacroix et la composition du plagioclase, la roche de Bouroum (n° 420) est à la limite d'un gabbro et d'une diorite. Cette détermination est confirmée par les paramètres de Niggli que j'indique ci-dessous :

al = 23,4	si = 157,9
fm = 51,2	si' = 133,6
c = 17,0	qz = 24,3
alk = 8,4	k = 0,06
	mg = 0,53

Composition virtuelle

	420		527	
quartz.....	12,90		16,95	
albite.....	24,50		27,00	
anorthite.....	24,55		16,35	
total plagioclase.....		49,05		43,35
orthose.....	1,60		13,90	
total feldspath.....		50,65		57,25
total coupholites.....		63,55		74,20
(Si O ₃) ₂ Ca Mg.....	1,55		6,15	
(Si O ₃) ₂ Ca Fe.....	0,80		—	
total diopside.....		2,35		6,15
Si O ₃ Mg.....	15,45		6,25	
Si O ₃ Fe.....	9,00		—	
total hypersthène.....		24,45		6,25
total pyroxène.....		26,80		12,40
magnétite.....	4,65		1,30	
hématite.....	—		4,10	
ilménite.....	1,50		1,90	
pyrite.....	—		2,55	
total minéral.....		6,15		9,85
apatite.....	0,25		0,65	
total barylites.....		33,20		22,90
H ₂ O [±]	4,05		2,60	
	100,80		99,70	
Or/Pl	0,03		0,32	
An (%)		50		38

Paramètres de Lacroix

n° 420: II'. 4. ₍₃₎4. 5 [2. 1 1. ₍₂₎3] n° 527: II. 4. '3. '4 [3. 1. 2. 2]

La composition équivalente de la roche n° 420 n'a pas pu être calculée; cependant, ici encore, l'abondance de l'aluminium conduit à admettre que l'amphibole est alumineuse. En ce qui concerne la roche n° 527, voici les résultats du calcul page suivante :

Cette composition, qui correspond approximativement à ce qui a été observé, appelle toutefois les remarques suivantes :

- 1) le total des minéraux calculés dépasse 100 parce que le soufre de la pyrite est compté en surnombre;
- 2) l'excès de Ca est compté comme calcite ; en effet ce minéral a été observé, mais CO₂, qui n'a pas été dosé à part, est englobé sous le titre « perte au feu ». Nous avons d'ailleurs un excès de radicaux OH, qui, en réalité, représentent des anions CO₃;
- 3) la chlorite calculée n'est pas alumineuse, alors que la roche contient épidote, zoïsite, et même séricite, minéral riche en alumine. Nous pouvons donc supposer que ces deux minéraux ne proviennent pas d'une paragenèse équilibrée, comme ce serait le cas dans une ancienne roche cristalline; au contraire, l'alumine de la séricite pourrait être due à une métasomatose (la potasse aussi, peut-être);

4) la roche est pauvre en Fe'' ; en particulier la chlorite et l'actinote calculées ont un rapport $\frac{Mg}{Fe''}$ supérieur à 15; ceci n'est pas habituel, non plus, dans les roches « éruptives ».

N° 527 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Pyr	Ap	titanoma- gnétite	Séri	Mic	Ab	Epi	Zo	Act	Chl	Cal	Q	
Si 57,35				3,00	6,00	18,15	3,60	2,40	2,40	2,75		10,95	quartz... 19,05
Al 15,85				3,00	2,00	6,05	2,40	2,40					albite 30,25
Fe''' 3,70	1,25		1,25				1,20						microcline 10,00
$Fe'' + Mn''$ 2,33			2,00						0,09	0,24			séricite... 6,95
Mg 5,30									1,41	3,89			chlorite... 6,88
Ca 5,50		0,40					2,40	1,60	0,60		0,50		actinote .. 4,50
Na 6,05						6,05							épidote .. 9,60
K 2,95				0,95	2,00								zoïsite ... 6,40
Ti 0,75			0,75										titanoma- gnétite . 4,00
P 0,24		0,24											pyrite 3,75
S 2,50	2,50												apatite ... 0,64
OH 16,30				2,05			1,20	0,80	0,60	5,51			calcite ... 0,50
													102,52

Amphibolites plagioclasiques

Etant donnée l'importance de ce faciès dans le groupe de Dacula, six analyses ont été faites. Voici les indications sur le lieu de prélèvement et la composition minéralogique de chaque échantillon :

n° 369 — 4 km N. NE de Santaba (Piouktenga) (L = 1°14'; l = 13°18')

hornblende verte dominant biotite	apatite
andésine An 40 limpide	minéral

n° 373 — entre Sorodin et Zimsa (Sanematenga) (L = 1°7'; l = 13°17')

hornblende verte très abondante	plagioclase	apatite
biotite	microcline rare	minéral

Ces deux roches sont en enclave dans un massif granitique.

n° 378 — entre Sagouem et Ouinnitini (L = 1°19'; l = 13°14')

<i>fond</i> : quartz	<i>phénoblastes</i> :	minéral
épidote	quartz automorphe	
zoïsite	labrador limpide	
ouralite	hornblende verte	

LES FORMATIONS CRISTALLINES ET MÉTAMORPHIQUES DU CENTRE ET DU NORD DE LA HAUTE-VOLTA

n° 384 — entre Koulouoko et Zouritenga (Boussouma) (L = 1°17'; l = 12°58')

hornblende verte	saussurite : séricite	minéral
feldspaths séricitisés	zoïsite	
	quartz	
	albite	

n° 441 — entre Holléré et Boulquenga (canton de Tougouri) (L = 0°25'; l = 13°43')

hornblende verte	quartz	zoïsite
	plagioclases limpides	apatite

n° 462 — entre Bamga et Karga (Liptako) (L = 0°5'; l = 13° 50')

quartz très abondant	hornblende verte	sphène
feldspath potassique	chlorite, apatite	zircon
oligoclase basique	calcite rare	minéral abondant

Voici la composition modale de trois de ces roches :

Composition modale	373		378		441	
	Pourcentage observé	Déviati on standard	Pourcentage observé	Déviati on standard	Pourcentage observé	Déviati on standard
quartz	1,2	0,55	4,9	0,9	12,1	2,5
microcline	2,15	0,7	0,9	0,4		
plagioclase.....	7,6	1,3	29,8	1,95	31,0	3,8
myrmékite.....	0,5	0,35				
feldspath indéterminé..	25,25	2,25				
saussurite			28,1	1,9		
biotite	3,8	0,95				
chlorite	0,5	0,35	1,4	0,5		
hornblende verte.....	58,3	2,7	16,35	1,55	55,5	4,1
			très claire			
actinote.....					(c)	
pyroxène					(c)	
épidote	(a)		13,15	1,45		
zoïsite			5,1	0,95		
sphène			(b)			
apatite.....	(a)					
calcite			(b)			
minéral	(a)					
	99,30		99,70		98,60	
An (%).....	40		45		70	
Nombre de points comptés	420		570		150	
(a) moins de 0,5 chacun (b) moins de 0,35 chacun (c) moins de 1,4 chacun						

Voici maintenant les analyses de ces roches :

Composition pondérale

	369	373	378	384	441	462
Si O ₂	49,10	47,40	56,75	53,20	50,75	67,30
Al ₂ O ₃	17,20	14,75	17,30	12,50	16,23	11,23
Fe ₂ O ₃	5,00	4,30	1,15	2,30	2,54	5,10
Fe O	5,60	7,05	7,20	6,70	5,98	3,06
Mn O	0,20	0,28	0,16	0,14	0,14	0,18
Mg O	6,55	10,05	3,55	9,35	8,75	2,62
Ca O	6,65	9,40	5,55	6,75	12,62	5,30
Na ₂ O	4,55	2,75	3,75	3,40	0,80	3,75
K ₂ O	1,40	1,22	1,25	2,75	0,09	0,09
Ti O ₂	1,15	0,95	0,80	0,70	0,50	0,60
P ₂ O ₅	0,50	0,20	0,10	0,14	0,04	0,14
H ₂ O ⁺	1,70	1,30	2,30	2,30	1,01	1,15
H ₂ O ⁻	0,20	0,15	0,05	0,05	0,07	0,18
	99,80	99,80	99,91	100,28	99,52	100,70
A	24	18	26	10,5	23	28
C	25	26,5	25	24	33	33
F	51	55,5	49	65,5	44	39

Pourcentages ioniques

	369		373		378		384		441		462	
Si	46,00	O=92,00	44,35	O=88,70	54,10	O=108,20	49,65	O=99,30	48,10	O=96,20	64,35	O=128,7
Al	19,00	28,50	16,20	24,30	19,40	29,10	13,70	20,55	18,10	27,15	12,60	18,90
Fe ^{'''}	3,50	5,25	3,00	4,50	0,80	1,20	1,60	2,40	1,80	2,70	3,65	5,48
Fe ^{''}	4,40	4,40	5,50	5,50	5,70	5,70	5,20	5,20	4,72	4,72	2,45	2,45
Mn	0,15	0,15	0,22	0,22	0,13	0,13	0,10	0,10	0,11	0,11	0,15	0,15
Mg	9,10	9,10	14,00	14,00	5,05	5,05	13,00	13,00	12,35	12,35	3,75	3,75
Ca	6,70	6,70	9,45	9,45	5,65	5,65	6,75	6,75	12,80	12,80	5,45	5,45
Na	8,25	4,12	5,00	2,50	6,90	3,45	6,15	3,07	1,48	0,74	6,95	3,47
K	1,70	0,85	1,46	0,73	1,50	0,75	3,30	1,65	0,11	0,05	0,10	0,05
Ti	0,80	1,60	0,65	1,30	0,57	1,14	0,50	1,00	0,35	0,70	0,45	0,90
P	0,40	1,00	0,16	0,40	0,08	0,20	0,10	0,25	0,03	0,08	0,10	0,25
	100,00	153,67	99,99	151,60	99,88	160,57	100,05	153,27	99,95	157,60	100,00	169,55
OH		10,60		8,10		14,60		14,30		6,40		7,30
		164,27		159,70		175,17		167,57		164,00		176,85
-O pour OH		5,30		4,05		7,30		7,15		3,20		3,65
		158,97		155,65		167,87		160,42		160,80		173,20

Composition virtuelle

	369		373		378		384		441		462	
quartz.....	—		—		8,15		—		6,75		32,55	
albite.....	36,75		23,25		31,75		28,75		6,75		31,75	
anorthite.....	22,35		24,25		26,50		10,75		40,35		13,50	
Total plagioclases		59,10		47,50		58,25		39,50		47,10		45,25
orthose.....	8,25		7,25		7,50		16,25		0,50		0,50	
Total feldspaths..		67,35		54,75		65,75		55,75		47,60		45,75
néphéline.....	1,00		—		—		—		—		—	
Total coupholites .		68,35		54,75		73,90		55,75		54,35		78,30
Si O ₃ Ca.....	3,10		8,90		0,17		9,15		9,20		4,95	
Si O ₃ Mg.....	2,20		6,10		0,08		6,00		6,15		3,95	
Si O ₃ Fe.....	0,65		2,00		0,10		2,50		2,35		0,45	
Total diopside. ..		5,95		17,00		0,35		17,65		17,70		9,35
Si O ₃ Mg.....	—		—		8,80		5,20		15,60		2,55	
Si O ₃ Fe.....	—		—		11,10		2,10		5,95		0,30	
Total												
hypersthène...	—		—		19,90		7,30		21,55		2,85	
Total pyroxènes..		5,95		17,00		20,25		24,95		39,25		12,20
Si O ₄ Mg ₂	9,90		13,30		—		8,50		—		—	
Si O ₄ Fe ₂	3,10		4,85		—		3,75		—		—	
Total olivine. ...		13,00		18,15		—		12,25		—		—
magnétite.....	7,25		6,25		1,70		3,35		3,70		7,40	
ilménite.....	2,20		1,80		1,50		1,30		0,95		1,15	
Total minéral. . .		9,45		8,05		3,20		4,65		4,65		8,55
apatite.....	1,20		0,45		0,20		0,34		0,10		0,34	
Total barylites...		29,60		43,65		23,65		42,19		44,00		21,09
H ₂ O [±]	1,90		1,45		2,35		2,35		1,08		1,33	
	99,85		99,85		99,90		100,29		99,43		100,72	
Or/Pl	0,14		0,15		0,13		0,41		0,01		0,01	
An (%)	38		51		45		27		86		30	

Paramètres de Lacroix :

N° 369 :	II.5.3.4'	[2'.4. ₍₁₎ 2.2']
N° 373 :	III.5.3 ₍₄₎ .4	[2.3'.2.2]
N° 378 :	II. ₍₄₎ 5.3'.4'	[₍₁₎ 2.1.1.3]
N° 384 :	III.5.2 ₍₃₎ .4	[1 ₍₂₎ .2'.2.2]
N° 441 :	III. ₍₄₎ 5'.5'.5	[1 ₍₂₎ .1'.3.2]
N° 462 :	II.3'.3.5	[3.1.2'.3]

D'après ces paramètres et la basicité du plagioclase virtuel, les roches n°s 373 et 441 ont des compositions de gabbros, la roche n° 369 a la composition d'une diorite, et la roche n° 378 celle d'une diorite quartzifère.

Bien qu'elle soit riche en olivine virtuelle (12,25 %), et que son paramètre p soit égal à 'III, la roche n° 384 doit être considérée comme une diorite car son plagioclase virtuel est l'oligoclase.

Enfin la roche n° 462 a la composition d'une diorite quartzique, mais sa richesse en quartz virtuel est assez anormale.

Paramètres de Niggli

	369	373	378	384	441	462
<i>al.</i>	24,7	18,6	31,0	17,9	21,7	25,0
<i>fm.</i>	44,9	52,4	37,5	52,2	45,6	39,5
<i>c.</i>	17,4	21,5	18,6	17,6	30,8	21,5
<i>alk.</i>	13,0	7,5	13,5	12,3	1,9	13,0
<i>si.</i>	119,8	101,7	172,6	129,1	115,5	254,9
<i>si'</i>			154		107,6	156
<i>qz.</i>			18,6		7,9	98,9
<i>k.</i>	0,18	0,23	0,18	0,34	0,07	0,016
<i>mg.</i>	0,53	0,61	0,43	0,65	0,65	0,37

Hornblendite

Je donne ci-dessous l'analyse d'un échantillon de *hornblendite* (n° 553) provenant d'environ 1 km sud-est du marché de Satin, en attirant l'attention du lecteur sur le fait que, la roche ayant un très gros grain, l'analyse peut ne pas rendre fidèlement la composition de la roche. On observe en lame mince :

	Pourcentage observé	déviati standard
quartz.	4,15	1,0
microcline.	0,75	0,45
orthose ?	0,25	0,25
plagioclase.	13,65	1,7
feldspath indéterminé.	8,75	1,40
séricite.....	0,75	0,45
biotite.....	0,25	0,25
hornblende verte.....	64,4	2,6
actinote.....	0,25	0,25
augite.....	1,20	0,52
épidote	3,40	0,90
sphène	2,20	0,75
	100,00	

An % = 33

nombre de points observés : 410

Analyse chimique complète				Composition virtuelle			
Composition pondérale		Pourcentages ioniques					
Si O ₂	51,55	Si = 49,60	O = 99,20	quartz	4,05		
Al ₂ O ₃	8,78	Al = 9,93	14,90	orthose	3,25		
Fe ₂ O ₃	2,90	Fe''' = 2,10	3,15	albite... 12,75	Pl = 28,25	F = 31,50	
Fe O.....	8,33	Fe'' = 6,70	6,70	anorthite 15,50			
Mn O.....	0,18	Mn = 0,15	0,15	(Si O ₃) ₂ Ca Mg ..	21,60	P = 55,15	
Mg O.....	11,10	Mg = 16,00	16,00	(Si O ₃) ₂ Ca Fe. .	8,20		
Ca O.....	10,96	Ca = 11,30	11,30	Si O ₃ Mg	17,60		
Na ₂ O.....	1,50	Na = 2,80	1,40	Si O ₃ Fe.	7,75		
K ₂ O.....	0,55	K = 0,68	0,34	magnétite	4,18	M = 5,53	
Ti O ₂	0,70	Ti = 0,50	1,00	ilménite.	1,35		
P ₂ O ₅	0,28	P = 0,23	0,53	apatite.....			0,67
H ₂ O.....	1,32			H ₂ O ⁺			1,52
H ₂ O.....	0,2						98,42
	98,35						
		99,99	154,72				
		+ OH = 8,45					
			163,17				
		moins O pour OH = 4,22		Or/Pl = 0,116	Σ coup = 35,40		
			158,95	An % = 55 %	Σ bar = 61,50		
A = 11 C = 29,5 F = 59,5				Paramètres de Lacroix :			
				(III) IV . (4) 5 . (3) . 4 [1' . 1 . 2 . 2]			

D'après les paramètres de Lacroix et la basicité du plagioclase virtuel, la roche a la composition d'un gabbro; mais les paramètres de Niggli en font une « pyroxénite » :

<i>al</i> = 11,6	<i>si</i> = 115,5
<i>fm</i> = 58,1	<i>k</i> = 0,20
<i>c</i> = 26,3	<i>mg</i> = 0,64
<i>alk</i> = 4,0	

Bien que la roche soit presque mélanocrate (total des coupholites peu supérieur à 35 %), on remarque que la composition virtuelle fait apparaître un peu de silice libre, correspondant à du quartz observé. Par contre, les paramètres de Niggli en font une roche à léger déficit de silice (*si* < 100 + 4 *alk*)

Composition équivalente d'après les minéraux observés

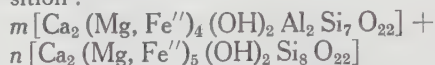
	Ap	Sph	Ab	An	Bi	Séri	FP	Epi	Augite			TitanoMa	Amphibole		Q
Si.....	49,60	0,15	8,40	2,70	0,18	0,66	1,20	0,60	0,20	0,20	0,20		9,86	24,00	1,25
Al.....	9,93		2,80	2,70	0,09	0,66	0,40	0,45					2,82		
Fe'''.....	2,10				0,03			0,15				1,92			
Fe'' + Mn	6,85				0,03				0,10			0,35 + 1,31	1,37	3,69	
Mg.....	16,00				0,09					0,10	0,20		4,27	11,34	
Ca.....	11,30	0,38	0,15	1,35				0,40	0,10	0,10			2,82	6,00	
Na.....	2,80		2,80												
K.....	0,68				0,06	0,22	0,40								
Ti.....	0,50	0,15										0,35			
P.....	0,23	0,23													
OH.....	8,45				0,06	0,44		0,20					2,82	6,00	

quartz.....	1,25
amphibole.....	66,15
titanomagnétite.....	3,93
augite.....	1,20
épidote.....	1,60
feldspath potassique.....	2,00
séricite.....	1,54
biotite.....	0,48
anorthite.....	6,75
albite.....	14,00
sphène.....	0,45
apatite.....	0,61
	99,96

$$\begin{aligned} \text{An \%} &= 32,5 \\ \text{FP/Pl} &= 0,10 \\ \Sigma \text{ coup} &= 25,54 \\ \Sigma \text{ bar} &= 74,42 \end{aligned}$$

Le total des feldspaths calculés (22,75) est sensiblement égal à celui qui a été observé (23,40). L'augite calculée a pour composition $\text{Ca}_2 \text{Mg}_3 \text{Fe}'' \text{Si}_6 \text{O}_9$.

L'amphibole calculée a pour composition :



une partie de cette dernière fraction est présente sous forme d'actinote libre;

$$m = 0,32; n = 0,68.$$

Le rapport $\frac{\text{Mg}}{\text{Fe}''}$ est voisin de 3 dans la biotite, l'augite, la hornblende et l'actinote; le rapport $\frac{\text{Al}}{\text{Fe}'''}$ est égal à 3 dans la biotite et l'épidote.

ROCHES CRISTALLINES

Roches calco-alkalines

Granites baoulés

ROCHES DE HAUTE-VOLTA

Nature et provenance des échantillons analysés.

n° 104 — granite akéritique hololeucocrate à deux micas.

Provenance : entre Guido et Pouni (canton de Réo) (L = 2°36'; l = 12°26').

n° 258/131 — granite akéritique à biotite, presque diorite quartzique.

Provenance : nord-ouest de Touka (échantillon de la collection J. DELORME, analyse publiée dans le bulletin n° 27 du S.G.P.M., Dakar) (L = 0°17'; l = 14°15').

n° 304 — granite akéritique à deux micas.

Provenance : 4 km est de Gombé (L = 1°51'; l = 13°09').

n° 346 — granite porphyroïde akéritique à biotite.

Provenance : Zana Mogho (L = 1°41'; l = 13°45').

n° 361 — granite aplitique monzonitique à biotite dominante et muscovite.

Provenance : Sofi (L = 1°52'; l = 14°01').

n° 365 — granite aplitique akéritique à biotite, « faciès Conquistenga ».

Provenance : Doblo (L = 1°56'; l = 13°37').

n° 375 — granodiorite orientée, à biotite et amphibole, « faciès Conquistenga ».

Provenance : Santaba (L = 1°13'; l = 13°16').

n° 854 — granite akéritique à biotite, muscovite, chlorite et épidote (largement grenu, à tendance porphyroïde).

Provenance : Koutougou (L = 1°1'; l = 14°30').

Composition chimique exprimée en pourcentages pondéraux d'oxydes

	104	258/131	304	346	361	365	375	854
Si O ₂	71,65	67,60	68,15	65,05	73,75	69,65	65,45	71,25
Al ₂ O ₃	14,55	16,85	15,75	15,00	13,55	16,30	15,65	15,15
Fe ₂ O ₃	0,90	1,30	1,55	1,00	1,20	0,80	1,45	0,70
Fe O	0,45	2,10	1,50	2,95	0,60	1,80	2,60	0,40
Mn O	0,06	—	0,05	0,09	0,04	0,03	0,08	0,03
Mg O	0,25	0,70	1,00	1,90	0,25	0,85	2,45	0,36
Ca O	1,40	3,40	2,60	4,42	1,55	2,50	3,80	1,46
Na ₂ O	4,50	5,47	5,50	3,60	3,40	5,35	3,70	4,60
K ₂ O	4,35	1,33	2,80	4,00	4,35	1,70	2,70	3,65
Ti O ₂	0,25	0,45	0,30	0,80	0,35	0,35	0,50	0,22
P ₂ O ₅	0,05	—	0,20	0,61	0,02	0,03	0,20	0,10
H ₂ O ⁺	0,85	0,65	0,45	1,05	0,40	0,80	0,65	1,55
H ₂ O ⁻	0,30	0,30	0,10	0,02	0	0,05	0,15	0,07
	99,56	100,15	99,95	100,49	99,46	100,21	99,38	99,54

Paramètres de Niggli

	104	258/131	304	346	361	365	375	854
<i>al</i>	45,9	42,5	40,1	34,3	45,6	43,8	36	47,7
<i>fm</i>	7,8	16	17,0	23,8	10,3	15,5	27,3	7,65
<i>c</i>	8	15,5	12,1	18,4	9,4	12,2	16	8,35
<i>alk</i>	38,3	26	30,8	23,5	34,7	28,6	20,7	36,3
<i>si</i>	384,4	286,6	295,1	252,7	420,9	317,6	256,1	381
<i>si'</i>	253,2	204	223,2	194	238,8	214,4	182,8	245,2
<i>qz</i>	131,2	82,6	71,9	58,7	182,1	103,2	73,3	135,8
<i>k</i>	0,39	0,14	0,26	0,42	0,46	0,17	0,32	0,34
<i>mg</i>	0,26	0,28	0,38	0,46	0,20	0,37	0,53	0,38
<i>o</i>	0,45	0,26	0,29	0,12	0,50	0,18	0,16	0,37

Composition chimique exprimée en " pourcentages ioniques "

	104		258/131		304		346		361		365		375		854	
		anions		anions		anions		anions		anions		anions		anions		anions
Si.....	67,45	134,90	62,75	125,50	63,10	126,20	60,90	121,80	69,80	139,60	64,65	129,30	61,70	123,40	67,30	134,60
Al.....	16,10	24,15	18,60	27,90	17,15	25,73	16,60	24,90	15,10	22,65	17,80	26,70	17,35	26,03	16,85	25,28
Fe'.....	0,65	0,98	0,90	1,35	1,05	1,57	0,70	1,05	0,85	1,28	0,55	0,82	1,00	1,50	0,50	0,75
Fe''.....	0,35	0,35	1,65	1,65	1,16	1,20	2,32	2,40	0,47	0,50	1,40	1,40	2,05	2,05	0,33	0,35
Mn.....	0,05	0,05	—	—	0,04	1,20	0,08	2,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,07	0,07	0,02	0,02
Mg.....	0,35	0,35	0,95	0,95	1,40	1,40	2,65	2,65	0,35	0,35	1,20	1,20	3,45	3,45	0,50	0,50
Ca.....	1,40	1,40	3,38	3,38	2,60	2,60	4,45	4,45	1,55	1,55	2,50	2,50	3,85	3,85	1,47	1,47
Na.....	8,20	4,10	9,85	5,70	9,85	6,60	6,50	3,25	6,25	3,12	9,60	4,80	6,75	5,00	8,40	4,20
K.....	5,20	2,60	1,55	—	3,35	—	4,80	2,40	5,30	2,65	2,00	1,00	3,25	—	4,40	2,20
Ti.....	0,20	0,40	0,31	0,62	0,20	0,40	0,55	1,10	0,25	0,50	0,25	0,50	0,35	0,70	0,15	0,30
P.....	0,04	0,10	—	—	0,16	0,40	0,48	1,20	0,02	0,05	0,02	0,05	0,16	0,40	0,08	0,20
OH.....	99,99	169,38	99,94	167,05	100,06	166,10	100,03	165,20	99,97	172,25	100,00	168,30	99,98	166,45	100,00	169,85
		5,35		4,00		2,80		6,60		2,50		5,00		4,10		9,80
moins O pour OH:	174,73			171,05		168,90		171,80		174,75		173,30		170,55		179,65
	2,68			2,00		1,40		3,30		1,25		2,50		2,05		4,90
	173,05			169,05		167,50		168,50		173,50		170,80		168,50		174,75

Paramètres K, N, C (destinés au diagramme triangulaire)

	104	258/131	304	346	361	365	375	854
K.....	32	9	20	29	36	12	19	29
N.....	51	54	57	39	43	58	39	54
C.....	17	37	23	32	21	30	42	17

Composition virtuelle

	104	258/131	304	346	361	365	375	854
quartz.....	25,65	21,45	18,90	17,75	33,70	24,60	21,10	27,20
albite.....	38,00	46,25	46,50	30,50	28,75	45,25	31,25	39,00
anorthite.....	6,65	16,75	10,00	13,00	7,50	12,25	17,50	6,50
Total plagioclase....	44,65	63,00	56,50	43,50	36,25	57,50	48,75	45,50
orthose.....	25,70	7,85	16,50	23,50	25,75	10,00	16,00	21,50
Total feldspaths.....	70,35	70,85	73,00	67,00	62,00	67,50	64,75	67,00
corindon.....	—	0,40	—	—	0,50	1,15	0,20	1,20
Total coupholites....	96,00	92,70	91,90	84,75	96,20	93,25	86,05	95,40
Si O ₃ Ca.....	—	—	0,70	2,10	—	—	—	—
Si O ₃ Mg.....	—	—	0,45	1,15	—	—	—	—
Si O ₃ Fe.....	—	—	0,20	0,85	—	—	—	—
Total diopside.....	—	—	1,35	4,10	—	—	—	—
Si O ₃ Mg.....	0,60	1,75	2,05	3,60	0,60	2,10	6,10	0,90
Si O ₃ Fe.....	—	2,05	0,85	2,60	—	2,10	2,90	—
Total hypersthène....	0,60	3,80	2,90	6,20	0,60	4,20	9,00	0,90
Total pyroxènes.....	0,60	3,80	4,25	10,30	0,60	4,20	9,00	0,90
hématite.....	0,25	—	—	—	0,50	—	—	0,20
magnétite.....	0,95	1,90	2,20	1,45	1,05	1,15	2,10	0,75
ilménite.....	0,45	0,85	0,60	1,50	0,65	0,70	0,95	0,40
Total minéral.....	1,65	2,75	2,80	2,95	2,20	1,85	3,05	1,35
apatite.....	0,10	—	0,45	1,45	0,05	0,07	0,45	0,25
Total barylites.....	2,35	6,55	7,50	14,70	2,85	6,12	12,50	2,50
H ₂ O [±]	1,15	0,95	0,55	1,07	0,40	0,85	0,80	1,62
	99,50	100,20	99,95	100,52	99,45	100,22	99,35	99,52
Or/Pl.....	0,575	0,12	0,29	0,54	0,71	0,175	0,32	0,47
An (%).	15	27	18	30	20	21,5	36	14,5

Paramètres de Lacroix :

 n° 104 : I.4'.2.3⁽⁴⁾
 n° 258/131 : I'.4.2⁽³⁾.4⁽⁵⁾
 n° 304 : I'.4.2.4
 n° 346 : (1)II.4.2'.3' [2.1.2.3]

Paramètres de Lacroix :

 n° 361 : I.⁽³⁾4.2.3
 n° 356 : I.4.2.4
 n° 375 : (1)II.4'.3'.4 [2.1.1.⁽²⁾3]
 n° 854 : I.4'.2'.4

ROCHES DE PROVENANCES DIVERSES

A titre de comparaison, je rappelle ci-dessous quelques analyses récemment publiées, concernant des granites africains dont le gisement est comparable à celui des « granites baoulés » de Haute-Volta :

D 99 — Granite porphyroïde à grands cristaux de microcline perthitique.

Provenance : plaine au pied nord de l'Adrar Tiraouanine in R. KARPOFF (1960), p. 147.

D 161 — Granodiorite à hornblende et biotite.

Provenance : oued Tibeggatine — in R. KARPOFF (1960), p. 139.

521 — Granite monzonitique à deux micas.

Provenance : Ferkessédougou — in M. ARNOULD (1961).

570 — Granite monzonitique à biotite.

Provenance : Guiembé — in M. ARNOULD (1961).

933 — Granite akéritique à biotite.

Provenance : Winneba — in N.R. JUNNER (1949).

1761 — Granodiorite à biotite et amphibole (type Koffissouka).

Provenance : lit du Nzi — in M. ARNOULD (1961).

119/187 — Granite porphyroïde monzonitique à biotite.

Provenance : Mankono (Côte-d'Ivoire) in S.G.P.M. (1958).

	D 99	D 161	521	570	933	1761	119/187
SiO ₂	72,40	65,20	72,40	68,70	67,00	61,14	72,02
Al ₂ O ₃	15,60	16,60	15,90	15,80	15,86	17,73	15,57
Fe ₂ O ₃	1,10	2,30	1,70	1,45	0,81	2,67	1,92
Fe O.....	1,70	2,40	tr.	2,50	2,62	3,33	1,00
Mn O.....	tr.	0,08	0,01	0,05	0,03	0,10	0,07
Mg O.....	0,70	2,25	0,30	0,85	0,96	2,98	0,61
Ca O.....	2,35	3,45	0,95	1,80	3,04	4,85	1,94
Na ₂ O.....	3,40	3,25	3,80	3,35	3,61	4,20	2,83
K ₂ O.....	2,20	3,70	4,35	4,30	3,64	1,24	3,40
Ti O ₂	0,40	0,70	0,15	0,55	0,58	0,80	0,20
P ₂ O ₅	0,13	0,36	0,20	0,20	0,16	0,42	0,09
H ₂ O ⁺	0,35	0,40	0,85	0,65	1,15	0,93	0,08
H ₂ O ⁻	0,30	0,10	0,05	0,10	0,21	0,25	0,02
S.....					0,03		
Sr O.....					0,01		
Ba O.....					0,12		
	100,63	100,79	100,65	100,30	99,83	100,64	99,75

Composition virtuelle

	D 99	D 161	521	570	933	1761	119/187
quartz.....	37,80	21,80	31,75	27,10	23,10	17,15	37,70
albite.....	28,75	27,50	32,00	28,25	30,50	35,50	24,00
anorthite.....	10,75	14,75	3,50	7,50	14,25	21,25	9,00
Total plagioclase....	39,50	42,25	35,50	35,75	44,75	56,75	33,00
orthose.....	13,00	21,75	25,75	25,50	21,50	7,25	20,00
Total feldspaths....	52,50	64,00	61,25	61,25	66,25	64,00	53,00
corindon.....	3,70	1,85	3,70	2,90	0,75	1,70	3,90
Total coupholites....	94,00	87,65	96,70	91,25	90,10	82,85	94,60
Si O ₃ Mg.....	1,75	5,60	0,75	2,10	2,40	7,40	1,53
Si O ₃ Fe.....	1,55	1,50	—	2,60	3,20	2,80	0,07
Total pyroxène....	3,30	7,10	0,75	4,70	5,60	10,20	1,60
hématite.....	—	—	1,70	—	—	—	—
magnétite.....	1,60	3,35	—	2,10	1,15	3,90	2,80
ilménite.....	0,75	1,35	0,02	1,05	1,10	1,50	0,38
rutile.....	—	—	0,14	—	—	—	—
pyrite.....	—	—	—	—	0,06	—	—
Total minéral.....	2,35	4,70	1,86	3,15	2,31	5,40	3,18
apatite.....	0,30	0,85	0,47	0,47	0,38	0,10	0,22
Total barylites.....	5,95	12,65	3,08	8,32	8,29	16,60	5,00
H ₂ O [±]	0,65	0,50	0,90	0,75	1,36	1,18	0,10
	100,60	100,80	100,68	100,32	99,75	100,63	99,70
Or/Pl.....	0,33	0,51	0,725	0,71	0,48	0,13	0,60
An (%).....	27	35	10	21	32	37	27
Paramètres K.....	20	27	39	36	26	8	31,5
N.....	47	36	51	42	39	43	40
C.....	33	37	10	22	35	49	28,5

Paramètres de Lacroix :

n° D 99	: I. 3'. 2'. '4
n° D 161	: (1)II. '4. 2.(3). 3' [(2)3. 1. 1'. (2)3]
n° 521	: I. '4. 1.(2). 3'
n° 570	: I'. 4. 2. 3
n° 933	: I'. 4. 2.(3). 3(4)
n° 1761	: 'II. 4. 3. 4' [2(3). 1. 1'. (2)3]
n° 119/187	: I. 3'. 2. 3.

Paramètres de Niggli

	D 99	D 161	521	570	933	1761	119/187
<i>am</i>	46,7	37,4	50	43	41,1	35	47,2
<i>fm</i>	16,8	27,4	9	20,5	18,7	31	16,8
<i>c</i>	12,8	14,1	6	9	14,6	18	10,7
<i>alk</i>	23,7	21,1	35	27,5	25,6	16	25,3
<i>si</i>	367,8	249,5	390	316	295,0	206	371,5
<i>si'</i>	194,8	184,4	240	210	202,4	164	201,2
<i>qz</i>	170,0	65,1	150	106	92,6	42	170,3
<i>k</i>	0,29	0,43	0,43	0,46	0,4	0,16	0,44
<i>mg</i>	0,31	0,47	0,77	0,28	0,34	0,48	0,28

Si l'on dessine un diagramme de variation des paramètres *al*, *fm*, *c* et *alk* en fonction de *si* (fig. 31), on remarque que :

Composition des granites baoulés

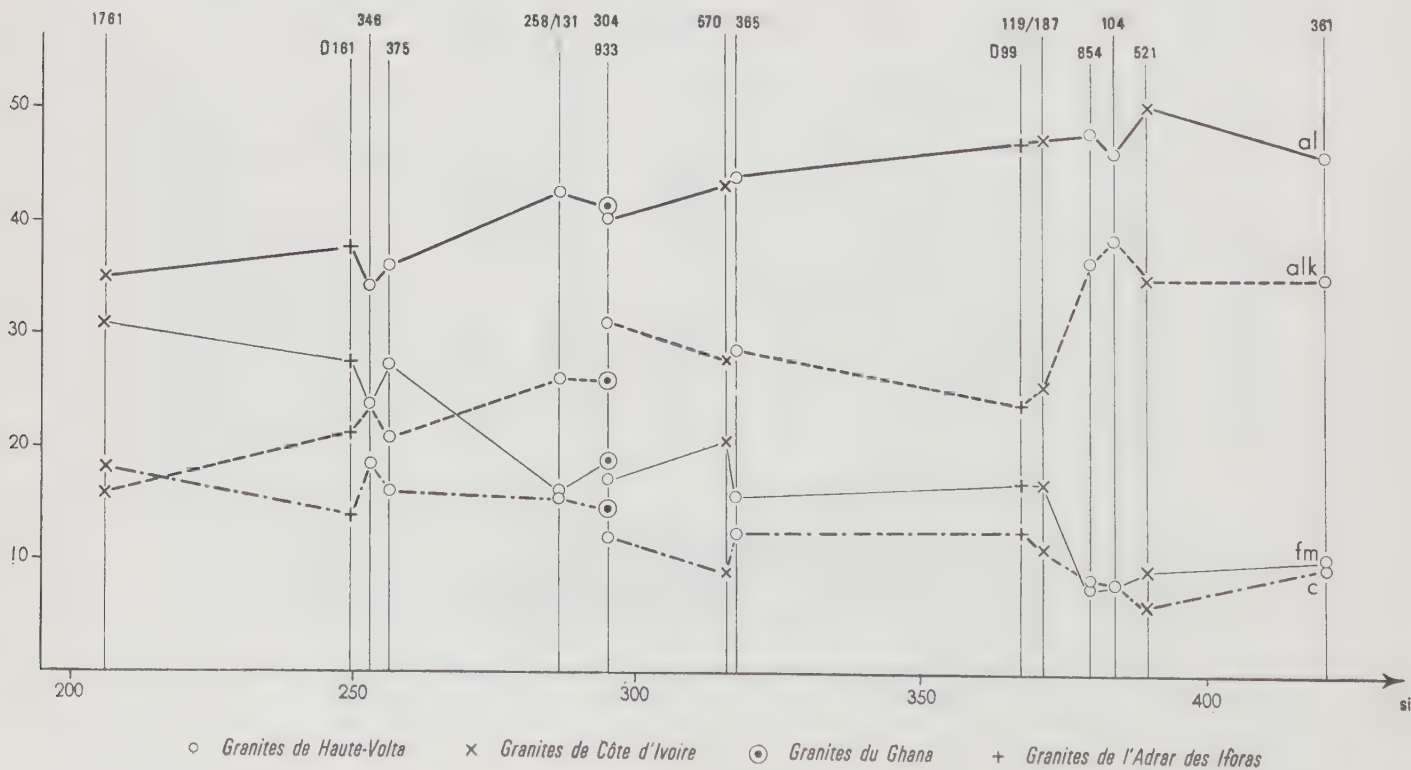


Fig. 31

1) l'introduction d'analyses de granites étrangers parmi les granites de Haute-Volta n'amène qu'un point aberrant sur le diagramme (roche D 99, paramètre alk); ceci témoigne d'une certaine parenté de composition entre ces granites pourtant assez éloignés les uns des autres;

2) le paramètre al croît assez régulièrement avec si (1), cependant que fm diminue; la somme $7al + 4fm$ restant sensiblement constante;

3) les paramètres c et alk varient d'une façon beaucoup plus irrégulière.

Paramètres K , N , C .

Si l'on reporte ces paramètres sur le diagramme triangulaire de R. FREY, (fig. 32), on constate que les granites de Haute-Volta, de l'Adrar des Iforas, et le granite-type de Winneba sont groupés dans le losange

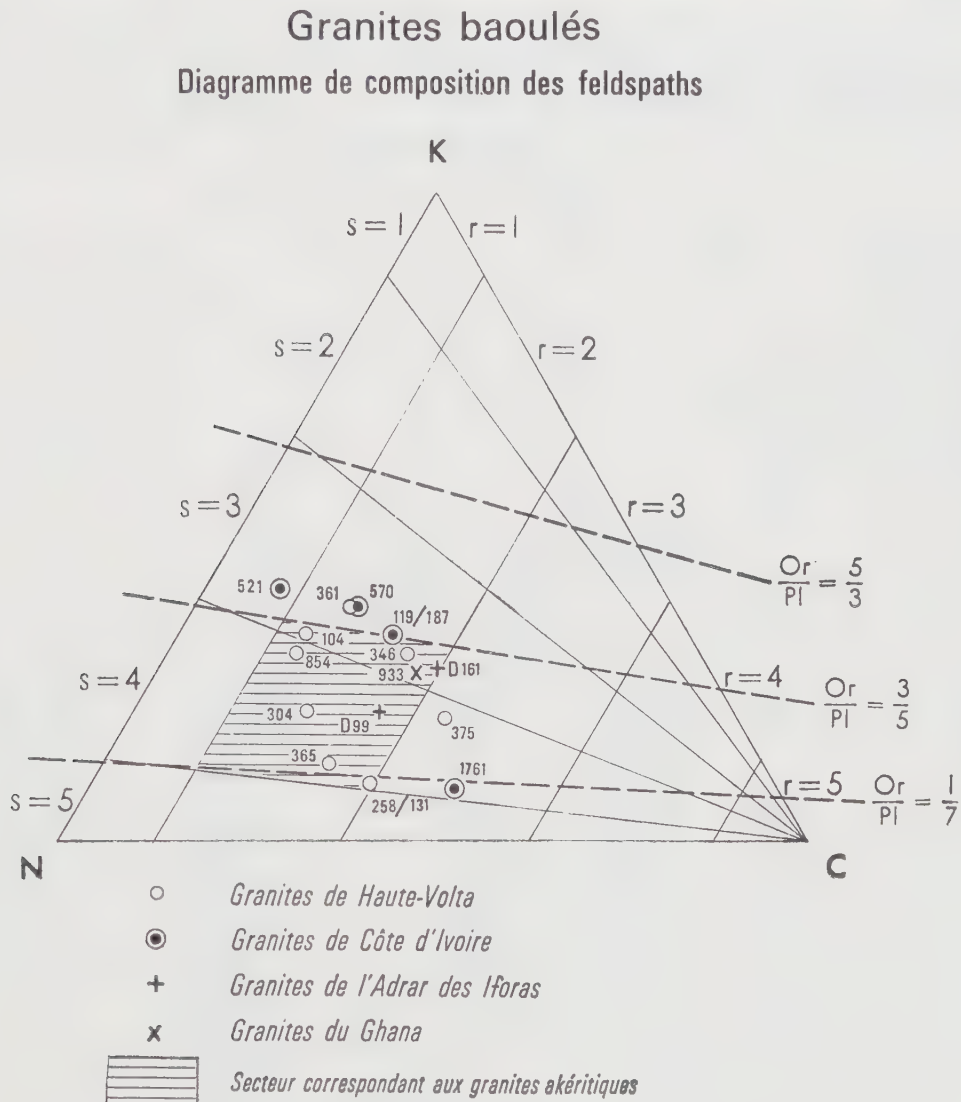


Fig. : 32

1. Cette observation a déjà été faite par L. BODIN (1951) mais elle n'est pas caractéristique des granites baoulés.

correspondant aux granites akéritiques ou au voisinage de ce secteur, cependant que les quelques granites de Côte d'Ivoire que nous avons pris comme exemples se situent hors de ce secteur (1).

L. BODIN (1951), s'appuyant sur 14 analyses provenant en majorité de Côte d'Ivoire et de Guinée, faisait état du caractère potassico-sodique des granites baoulés. Mes sept analyses sont insuffisantes pour me permettre d'affirmer que les granites baoulés de Haute-Volta ont une tendance plus sodique (akéritique) que ceux de Côte d'Ivoire; et d'ailleurs, l'examen de 95 lames minces (évaluation approximative, sans platine intégratrice ni compteur de points) a donné les résultats suivants : 49 granites monzonitiques, 26 granites akéritiques, 14 granodiorites, 4 diorites quartziques, 1 diorite et 1 akérite. Cependant, comme les analyses chimiques, les lames minces ne peuvent pas être considérées comme représentatives de l'ensemble des granites baoulés.

MIGMATITES

L'analyse globale d'une migmatite, roche essentiellement hétérogène, ne présenterait aucun intérêt. Aussi, je me borne à citer l'analyse d'un gneiss cellé à muscovite, biotite et chlorite. La roche (n° 364) qui provient de Nomo (L = 1°53'; l = 13°42') peut être considérée comme typique des trames que l'on observe dans les migmatites intrabatholitiques.

Composition modale

	Pourcentage observé	Déviati on standard	
quartz et feldspaths non maclés.	58,4	2,6	
plagioclase An 20.....	14,1	1,8	
feldspath potassique.....	1,5	0,6	
total Q + F.....	74,0	2,0	épidote,
muscovite.....	19,6	2,0	zoïsite,
biotite.....	2,35	0,8	sphène,
chlorite.....	0,5	0,4	apatite,
séricite (d'altération des feldspaths).....	0,8	0,45	minéral (moins de
calcite.....	1,6	0,65	0,5 % chacun).
	98,85		

ANALYSE CHIMIQUE COMPLÈTE N° 364

Composition pondérale		Pourcentages ioniques		Paramètres de Niggli
		« cations »	« anions »	
Si O ₂	74,70	Si = 71,25	O = 142,50	al = 43,8
Al ₂ O ₃	13,10	Al = 14,70	22,05	fm = 20,5
Fe ₂ O ₃	1,65	Fe''' = 1,20	1,80	c = 10
Fe O.....	2,10	Fe'' = 1,70	1,70	alk = 25,7
Mn O.....	0,04	Mn = 0,03	0,03	si = 424,2
Mg O.....	0,35	Mg = 0,50	0,50	si' = 202,8
Ca O.....	1,60	Ca = 1,70	1,70	qz = 221,4
Na ₂ O.....	3,70	Na = 6,80	3,40	k = 0,21
K ₂ O.....	1,50	K = 1,80	0,90	mg = 0,15
Ti O ₂	0,40	Ti = 0,30	0,60	o = 0,35
P ₂ O ₅	0,02	P = 0,02	0,05	
H ₂ O ⁺	1,05			
H ₂ O ⁻	0			
	100,21	100,00	175,23	
			OH = 6,70	
			181,93	
		moins O pour OH :	3,35	
			178 58	

1. Il existe cependant des granites akéritiques parmi les granites Baoulés de Côte-d'Ivoire, et M. ARNOULD (1961) a remarqué une variation, de l'est (granites akéritiques) à l'ouest (granites monzonitiques).

Composition virtuelle

quartz.....		42,75	Si O ₃ Mg 0,90	{	hypersthène.....	2,80
orthose.....	8,90	F= 47,90	Si O ₃ Fe 1,90		{	mineral.....
albite.....	31,25		magnétite 2,40			
anorthite.....	7,75		ilménite 0,75			
corindon.....			apatite.....	0,05		
total coupholites.....		93,25	total barylites.....			6,00

Or/Pl = 0,23 An % = 20

Les paramètres de Lacroix : I . 3 . 2 . 4 sont ceux d'un granite akéritique très leucocrate et riche en quartz. Le caractère akéritique est également mis en évidence par les paramètres de R. FREY (K = 15; N = 57; C = 28) qui place cette roche dans le losange où nous avons déjà trouvé la plupart des granites baoulés.

Composition équivalente d'après les minéraux observés

		Ap	Ilm	Ma	Ab	An	Chlo	Bi	Musc	Mi	Q
Si.....	71,25				20,4	3,34	0,51	0,78	3,36	1,26	41,6
Al.....	14,70				6,08	3,34	0,34	0,44	3,36	0,42	
Fe'''.....	1,20			1,12				0,08			
Fe''+Mn.....	1,73		0,3	0,56			0,54	0,33			
Mg.....	0,50						0,31	0,19			
Ca.....	1,70	0,03				1,67					
Na.....	6,80				6,8						
K.....	1,80							0,26	1,12	0,42	
Ti.....	0,30		0,3								
P.....	0,02	0,02									
OH.....	6,70						1,36	0,26	2,24		

quartz.....	41,60
microcline.....	2,10
albite.....	34,00
anorthite.....	8,35
muscovite.....	7,84
biotite.....	2,08
chlorite.....	1,7
magnétite.....	1,68
ilménite.....	0,60
apatite.....	0,05
	100,00

Σ éléments blancs : 93,89

Σ éléments colorés : 6,11

An 20 %

Granites en massifs circonscrits

GRANITES MONZONITIQUES.

Citons trois analyses de granites monzonitiques :

n° 265 — granite à biotite, chlorite, hornblende verte et épidote.

Provenance : 2 km nord de Doudou (cercle de Ténado) ($L = 2^{\circ}32'$; $l = 12^{\circ}20'$).

n° 320 — granite à biotite, chlorite et amphibole.

Provenance : 3,5 km est de Séguénéga (Yatenga) ($L = 1^{\circ}55'$; $l = 13^{\circ}26'$).

n° 718 — granite leucocrate à biotite.

Provenance : 2 km O.SO de Rassamtoumdé (cercle d'Yako) ($L = 2^{\circ}7'$; $l = 12^{\circ}49'$).

Voici la composition modale de ces granites :

Composition modale	265		320		718	
	% observé	déviati standard	% observé	déviati standard	% observé	déviati standard
quartz.....	25,4	1,75	21,3	1,00	28,6	2,6
feldspath potassique.....	28,1	1,80	19,5	1,00	31,3	2,6
plagioclase (y compris perthite).....	36,0	2,00	44,7	1,20	29,4	2,6
feldspath indéterminé.....	—	—	—	—	5,0	1,2
myrmékite.....	—	—	—	—	0,8	0,5
biotite.....	4,9	1,00	4,0	0,5	2,2	0,8
muscovite.....	—	—	—	—	0,5	0,35
séricite.....	—	—	0,33	0,14	—	—
chlorite.....	1,2	0,5	7,65	0,65	—	—
hornblende verte.....	1,0	0,45	0,75	0,2	—	—
épidote.....	1,4	0,55	0,5	0,17	0,8	0,5
moïsité.....	0,45	0,3	0,22	0,12	0,25	0,25
allanite.....	0,3	0,25	—	—	—	—
sphène.....	0,6	0,3	0,33	0,14	—	—
apatite.....	0,3	0,25	0,11	0,08	0,5	0,35
minéral.....	0,3	0,25	0,50	0,17	0,5	0,35
zircon.....	0,15	0,15	—	—	0,25	0,25
calcite.....	—	—	0,11	0,08	—	—
	100,10		100,00		100,10	
An % observé.....	27		24		29	
Nombre de points observés.....	676		1782		367	

Ces trois granites étant porphyroïdes, il est possible que l'analyse modale ne rende pas bien compte de la composition globale de la roche; de même, en ce qui concerne l'analyse chimique, il se peut que la quantité de roche broyée soit insuffisante.

A titre de comparaison, je rappelle la composition de deux granites monzonitiques, provenant l'un de Côte d'Ivoire et l'autre du Mali :

n° 2030 — granite à biotite.

Provenance : Lamouroutou (*in* M. ARNOULD, 1961).

n° 5089 — granite à biotite et chlorite.

Provenance : Massigui (in L. BODIN, 1951).

On remarque toutefois que ceux-ci sont moins calciques et moins potassiques (et plus sodiques) que les granites de Haute-Volta.

Composition chimique exprimée en « pourcentages ioniques »

	265		320		718		2030		5089	
		anions		anions		anions		anions		anions
Si	65,10	130,20	64,50	129,00	68,30	136,60	67,14	134,28	65,55	131,10
Al	16,60	24,90	16,00	24,00	15,55	24,00	16,39	24,59	16,50	24,75
Fe'''	0,70	1,05	0,25	0,38	0,45		0,80	1,20	1,10	1,65
Fe''	0,85	0,85	2,79		0,55		1,37	1,37	1,20	1,20
Mn	0,04	0,04	0,06	2,85	0,05	0,60	0,04	0,04	0	
Mg	1,60	1,60	1,20	1,20	0,65	0,65	0,17	0,17	0,40	0,40
Ca	2,86	2,86	3,10	3,10	2,10	2,10	1,93	1,93	1,10	1,10
Na	5,35	2,68	6,60	3,30	4,40	2,20	6,60	3,30	8,25	4,13
K	6,50	3,25	5,00	2,50	7,50	3,75	5,35	2,67	5,50	2,75
Ti	0,25	0,50	0,35	0,70	0,15	0,30	0,14	0,28	0,32	0,64
P	0,15	0,37	0,13	0,32	0,30	0,75	0,08	0,20	0,12	0,30
	100,00	168,30	99,98	167,35	100,00	170,95	100,01	170,03	100,04	168,02
OH		2,50		8,90		0,95		6,04		3,75
		170,80		176,25		171,90		176,07		171,77
moins O pour OH		1,25		4,45		0,47		3,02		1,87
		169,55		171,80		171,43		173,05		169,90

Composition chimique exprimée en pourcentages pondéraux d'oxydes

	265	320	718	2 030	5 089
Si O ₂	68,60	68,05	72,00	70,78	70,10
Al ₂ O ₃	14,85	14,35	14,20	14,70	15,00
Fe ₂ O ₃	1,00	0,35	0,65	1,14	1,55
Fe O	1,05	3,50	0,70	1,70	1,50
Mn O	0,05	0,08	0,06	0,05	0
Mg O	1,15	0,85	0,46	0,13	0,30
Ca O	2,81	3,05	2,05	1,88	1,10
Na ₂ O	2,90	3,60	2,40	3,60	4,55
K ₂ O	5,35	4,15	6,20	4,45	4,60
Ti O ₂	0,35	0,50	0,20	0,20	0,45
P ₂ O ₅	0,19	0,16	0,38	0,10	0,15
C O ₂	—	—	—	0,60	—
H ₂ O ⁺	0,40	1,40	0,15	0,95	0,60
H ₂ O ⁻	0,80	0	0,40	0,25	0,25
	99,50	100,04	99,85	100,53	100,15

Paramètres de Niggli

	265	320	718	2 030	5 080
<i>al</i>	41	37,8	44,8	44	43,4
<i>fm</i>	15,8	20,2	9,7	13	14,4
<i>c</i>	14,1	14,6	11,8	11	5,9
<i>alk</i>	29,1	27,4	33,7	32	36,3
<i>si</i>	321,1	304,2	386	364	344
<i>si'</i>	216,4	209,6	234,8	228	245,2
<i>qz</i>	104,7	94,6	151,2	136	98,8
<i>k</i>	0,55	0,43	0,63	0,45	0,39
<i>mg</i>	0,51	0,28	0,38	0,07	0,16
<i>o</i>	0,22	0,06	0,27		

Composition virtuelle

	265		320		718		2 030		5 089	
quartz	24,00		22,20		30,00		28,00		23,25	
albite	24,50		30,40		20,25		30,50		38,50	
anorthite	11,75		10,75		7,75		8,75		4,50	
Total plagioclases.....		36,25		41,15		28,00		39,25		43,00
orthose	31,60		24,50		36,75		26,25		27,25	
Total feldspaths.....		67,85		65,65		64,75		65,50		70,25
corindon.....	—		—		0,70		0,75		0,80	
Total coupholites.....		91,85		87,85		95,45		94,25		94,30
Si O ₃ Ca	0,40		1,35		—		—		—	
Si O ₃ Mg	0,30		0,40		—		—		—	
Si O ₃ Fe	0,07		1,05		—		—		—	
Total diopside.....		0,77		2,80		—		—		—
Si O ₃ Mg	2,55		1,75		1,15		0,30		0,75	
Si O ₃ Fe	0,55		4,40		0,55		1,95		0,75	
Total hypersthène.....		3,10		6,15		1,70		2,25		1,50
Total pyroxènes.....		3,87		8,95		1,70		2,25		1,50
magnétite	1,45		0,50		0,95		1,65		2,25	
ilménite	0,65		0,95		0,38		0,38		0,85	
Total minéral.....		2,10		1,45		1,33		2,03		3,10
apatite	0,45		0,40		0,90		0,25		0,35	
Total barylites.....		6,42		10,80		3,93		4,53		4,95
H ₂ O [±]	1,20		1,40		0,55		1,80		0,85	
	99,47		100,05		99,93		100,58		100,10	
Or/Pl	0,87		0,6		1,31		0,67		0,63	
An (%).....	32		26		28		22		10,5	

Paramètres de Lacroix :

- n° 265 : I'4.2.3
 n° 320 : I_(II)4.2.3' [1₍₁₎2.1.'2.4]
 n° 718 : I'4.2.2₍₃₎
 n° 2030 : I4.2.3
 n° 5089 : I4.1₍₂₎3₍₄₎.

Paramètres K, N, C (destinés au diagramme triangulaire)

	265	320	718	2 030	5 089
K	39	31	50	34	34
N	32	40	29	43	54
C	29	29	21	23	12

ANALYSE N° 265

Composition équivalente d'après les minéraux observés.

	Ap	Sph	Ma	Epi	Zo	Hbl	Bi	Chlo	Mi	Ab	An	Q
Si	65,10	0,25		0,6	0,24	0,45	2,10	0,39	17,4	15,81	3,30	24,56
Al	16,60			0,5	0,24	0,12	1,11	0,26	5,8	5,27	3,30	
Fe ^{'''}	0,70		0,28	0,1		0,03	0,29					
Fe ^e + Mn	0,89		0,14			0,10	0,45	0,20				
Mg	1,60					0,20	0,95	0,45				
Ca	1,86	0,25	0,25	0,4	0,16	0,15				5,27	1,65	
Na	5,35					0,08						
K	6,50						0,70		5,8			
Ti	0,25	0,25										
P	0,15	0,15										
OH	2,50			0,4	0,16	0,15	0,70	1,04				

Quartz 24,56

Microcline 29,00

Albite 26,35

Anorthite 8,25

Biotite 5,60

Chlorite 1,30

Hornblende verte 1,13

Epidote 1,60

Zoisite 0,64

Sphène 0,75

Apatite 0,40

Magnétite 0,42

100,00

 Σ éléments blancs = 87,55

 Σ éléments colorés = 12,45

 Microcline
Plagioclase = 0,85

An (%) = 24

Par suite de la présence de plusieurs minéraux ferro-magnésiens (biotite, chlorite, hornblende) et calciques (épidote, zoisite, plagioclase), il y a une certaine indétermination dans le calcul. Toutefois, à part la biotite qui atteint 5,6 %, les divers éléments colorés n'ont que peu d'importance dans la roche. Aussi, le plagioclase calculé (An 24) est-il très voisin du plagioclase observé (An 27, et le microcline est perthitisé).

La biotite calculée a pour composition $K_2(Mg,Fe'')_4(Al,Fe''')_4Si_6O_{22}(OH)_2$; la hornblende calculée a pour composition $NaCa_2(Mg,Fe'')_4(OH)_2Si_6Al_2O_{22}$. Le rapport $\frac{Mg}{Fe''}$ est voisin de 2 dans la biotite, la chlorite et la hornblende; le rapport $\frac{Al}{Fe'''}$ est voisin de 4 dans la biotite et la hornblende.

Zr et Ce n'ayant pas été dosés à l'analyse, le zircon et l'allanite n'ont pas été calculés. Mise à part cette différence, les résultats du calcul équivalentaire sont très voisins du mode observé.

ANALYSE N° 320

Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Ilm	Sph	Ab	An	Mi	Hbl	Bi	Chlo	Q	Cal
Si	64,50		0,15	19,65	3,0	13,2	0,35	1,80	1,50	24,85	
Al	16,00			6,55	3,0	4,4	0,10	0,95	1,00		
Fe'''	0,25							0,25			
Fe'' + Mn	2,85	0,2					0,05	0,85	1,75		
Mg	1,20						0,10	0,35	0,75		
Ca	3,10	0,22	0,15		1,5		0,10				1,13
Na	6,60			6,55			0,05				
K	5,00					4,4		0,60			
Ti	0,35	0,2	0,15								
P	0,13	0,13									
OH	8,90						0,10	0,60	4,00		

quartz				24,85							
microcline	22,00										
albite... 32,75											
anorthite 7,50	Pl = 40,25										
biotite	4,80										
chlorite	5,00			10,55							
hornblende verte	0,75										
ilménite	0,40										
sphène	0,45										
apatite	0,35			2,33							
calcite	1,13										
				99,98							

Σ éléments blancs = 87,10
 Σ barylites = 12,88

An (%) = 18

microcline = 0,54
 plagioclase

Le plagioclase calculé (An 18) est moins calcique que le plagioclase observé (An 24), mais une partie de l'albite se trouve dans le microcline et non dans le plagioclase.

La biotite calculée a pour composition $K_2(Mg,Fe'')_4(Al,Fe''')_4Si_6O_{22}(OH)_2$, avec $\frac{Mg}{Fe'''} = 0,4$;
 $\frac{Al}{Fe'''} = 3,8$.

La chlorite a pour composition $(Mg,Fe'')_5Al_2Si_3O_{10}(OH)_8$ avec $\frac{Mg}{Fe''} = 0,4$.

Les minéraux d'altération (séricite, épidote, zoïsité), peu abondants, n'ont pas été calculés.

L'excès de Ca est compté comme calcite; ce minéral a été observé et une partie de H_2O^+ dosé doit représenter CO_2 . Nous avons ici un excès de 4,20 radicaux OH qui, à masse égale, sont équivalents à 1,19 radicaux CO_3 .(1) Cependant, en lame mince, je n'ai observé que peu de calcite (2 points sur 1782, soit 0,11 %); il se peut que ce minéral soit réparti très irrégulièrement dans la roche. Par comparaison avec la composition modale (p. 226), on note en outre, une différence de 4 % sur le quartz et sur le plagioclase, de 2 % sur la chlorite et sur le microcline.

1. Le radical CO_3 a pour masse moléculaire 60; le radical OH a pour masse moléculaire 17; 4,20 OH sont donc équivalents à $\frac{4,20 \times 17}{60} = 1,19$ radicaux CO_3 .

ANALYSE N° 718

Composition équivalente d'après les minéraux observés

		Ap	Titanoma- gnétite	Epi	Ab	An	Mi	Musc	Bi	Q
Si.....	68,30			0,3	13,2	3,0	21	0,15	1,35	29,4
Al.....	15,55			0,2	4,4	3,0	7	0,15	0,75	
Fe'''.....	0,45		0,2	0,1					0,15	
Fe'' + Mn...	0,60		0,15+0,2						0,25	
Mg.....	0,65								0,65	
Ca.....	2,10	0,5		0,2		1,5				
Na.....	4,40				4,4					
K.....	7,50						7	0,05	0,45	
Ti.....	0,15		0,15							
P.....	0,30	0,30								
OH.....	0,80			0,1				0,10	0,45	

quartz.....					29,30					
microcline.....			35,0							
albite... 22,0	{	Pl =	29,5	{	F = 64,50		Σ éléments blancs = 94,15	Σ barylites = 5,90		
anorthite 7,5										
muscovite.....			0,35				An (%) = 26			
biotite.....			3,60		3,95					
épidote.....					0,80		microcline = 1,15			
minéral.....					0,70		plagioclase			
apatite.....					0,80					
					100,05					

Le plagioclase observé (An 29), le plagioclase virtuel (An 28) et le plagioclase calculé ici (An 25) sont très voisins.

Dans la biotite, le rapport $\frac{Al}{Fe'''} = 5$ et le rapport $\frac{Mg}{Fe''} = 2,6$.

Les résultats du calcul sont très comparables à ceux de l'analyse modale (p. 226), surtout si l'on suppose que le feldspath indéterminé était du microcline.

Variations des paramètres de Niggli.

On observe, sur le diagramme (fig. 33) une variation assez régulière des paramètres al , fm , c et alk en fonction de si ; les courbes deviennent presque des droites si l'on fait abstraction de la roche de Massigui qui est nettement plus alcaline que les autres.

GRANODIORITES.

Je cite deux analyses de granodiorites (1) :

n° 24 — granodiorite leucocrate à biotite et épidote.

Provenance : carrière d'Yahorin (batholite de Saria) (L = 2°7'; l = 12°16').

n° 193 — granodiorite à amphibole et biotite.

Provenance : sud-ouest de Tinndila (L = 2°17'; l = 12°47'). Voici les résultats de l'analyse modale de celle-ci :

1. Chimiste; J. PATUREAU (CNRS).

Granites monzonitiques

Variations des paramètres de Niggli

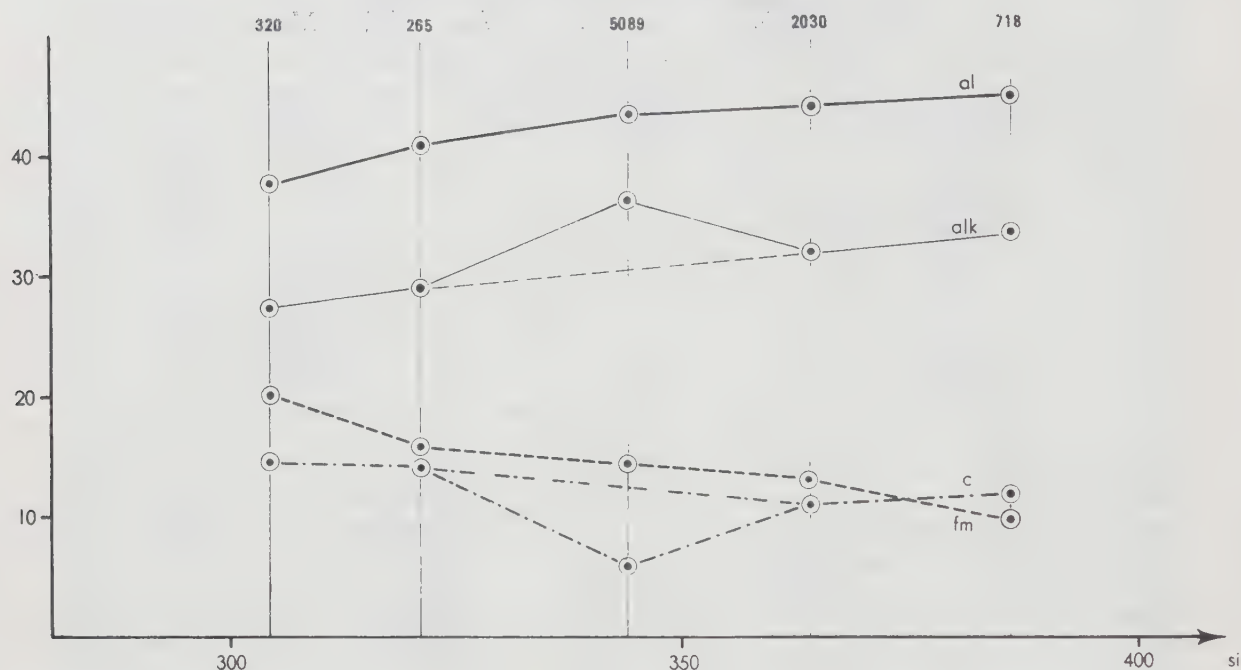


Fig. : 33

N° 193	Composition modale	Pourcentage observé	Déviation standard
	quartz	21,2	1,8
	microcline perthitisé.....	4,1	0,9
	plagioclase saussuritisé	54,4	2,35
	plagioclase limpide	1,1	0,5
	hornblende verte.....	11,6	1,45
	biotite chloritisée et chlorite (pennine).....	5,05	0,95
	minéral.....	1,3	0,5
	épidote	0,37	0,27
	sphène.....	0,37	0,27
		99,5	

sagénite, myrmékite, zircon, apatite : moins de 0,35 % chacun

composition du plagioclase : An 32.

nombre de points observés : 533.

A titre de comparaison, je rappelle quatre analyses de roches analogues provenant du Ghana, de la Côte d'Ivoire et de la Haute-Volta :

n° 1468 — granite de Dixcove (Ghana) in N. R. JUNNER (1949). Cette roche qui est, en réalité, un granite akéritique à la limite des granodiorites a été choisie par les géologues britanniques comme type des granites récents du Ghana.

n° 1550 — granodiorite à biotite et amphibole.

Provenance : sud-ouest de Kobadala (Côte d'Ivoire) in M. ARNOULD (1961). Comme on le verra, cette roche a une composition très voisine de celle du n° 193.

n° 1874 — granodiorite à biotite et amphibole.

Provenance : Golé (batholite de Bondoukou) in D. SOULÉ DE LAFONT (1956). L. BODIN a choisi cette roche comme type des granodiorites en massifs circonscrits de l'Ouest Africain.

n° 1985 — granodiorite à biotite, chlorite et épidote (hornblende verte rare).

Provenance : Koumbia (sud-ouest de Houndé, H.-V.).

Composition chimique exprimée en pourcentages pondéraux d'oxydes

	24	193	1468	1550	1874	1985
Si O ₂	69,40	65,82	64,44	64,30	70,70	68,07
Al ₂ O ₃	16,15	15,55	17,82	16,10	14,05	15,05
Fe ₂ O ₃	1,10	1,70	1,94	3,12	1,95	1,43
Fe O.....	1,00	2,15	1,33	2,15	1,25	2,76
Mn O.....	0,05	0,08	0,07	0,96	0,02	0,08
Mg O.....	0,90	2,60	1,14	1,90	1,45	1,94
Ca O.....	3,75	4,40	5,12	4,20	2,90	4,12
Ba O.....	—	—	0,08	—	—	—
Na ₂ O.....	3,25	3,60	5,06	3,60	3,55	2,95
K ₂ O.....	3,60	2,10	1,29	2,05	2,62	2,40
Ti O ₂	0,55	0,65	0,32	0,58	0,32	0,75
P ₂ O ₅	0,07	0,15	0,16	0,22	0,09	0,15
S.....	—	—	0,02	—	—	—
H ₂ O ⁺	0,35	0,50	1,70	0,55	0,38	0,13
H ₂ O ⁻	0,20	0,17	0,08	0,30	0,23	0,40
	100,37	99,47	100,57	100,03	99,51	100,23

Composition chimique exprimée en « pourcentages ioniques »

	24		193		1468		1550	
		anions		anions		anions		anions
Si.....	64,95	129,90	62,00	124,00	60,15	120,30	60,87	121,74
Al.....	17,80	26,70	17,25	25,87	19,60	29,40	17,96	26,94
Fe ^{III}	0,80	1,20	1,20	1,80	1,36	2,04	2,16	3,24
Fe ^{II}	0,76	0,80	1,70	1,70	1,04	1,10	1,70	1,70
Mn.....	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06	0,77	0,77	0,77
Mg.....	1,25	1,25	3,65	3,65	1,60	1,60	2,67	2,67
Ca.....	3,75	3,75	4,45	4,45	5,12	4,26	4,26	4,26
Ba.....	—	—	—	—	0,03	5,15	—	—
Na.....	5,90	2,95	6,55	4,55	9,15	6,59	3,29	3,29
K.....	4,30	2,15	2,55	4,55	1,53	5,34	2,44	1,22
Ti.....	0,40	0,80	0,45	0,90	0,22	0,44	0,40	0,80
P.....	0,06	0,15	0,12	0,30	0,12	0,30	0,17	0,42
	100,01	169,65	99,98	167,28	99,99	165,67	99,99	167,05
OH = ...		2,20		3,15		10,60		3,40
					S =	0,03		
		171,85		170,43		176,30		170,45
— O pour OH		1,10		1,58		5,30		1,70
		170,75		168,85		171,00		168,75

Composition virtuelle

	24		193		1468		1550		1874		1985	
quartz.....	27,60		23,40		18,15		23,50		31,85		29,10	
albite.....	27,50		30,50		42,80		30,50		30,00		25,00	
anorthite.....	18,00		20,00		22,10		19,25		13,75		19,50	
Total plagioclase.....		45,50		50,50		64,90		49,75		43,75		44,50
orthose.....	21,25		12,40		7,60		12,00		15,50		14,25	
Total feldspaths.....		66,75		62,90		72,50		61,75		59,25		58,75
corindon.....	0,30		—		—		0,90		0,35		0,40	
Total coupholites.....		94,65		86,30		90,65		86,15		91,45		88,25
Si O ₃ Ca.....	—		0,35		1,00		—		—		—	
Si O ₃ Mg.....	—		0,25		0,80		—		—		—	
Si O ₃ Fe.....	—		0,06		0,10		—		—		—	
Total diopside.....		—		0,66		1,90		—		—		—
Si O ₃ Mg.....	2,25		6,25		2,05		4,70		3,60		4,85	
Si O ₃ Fe.....	0,07		1,60		0,30		(a) 2,20		0,20		2,75	
Total hypersthène.....		2,32		7,85		2,35		6,90		3,80		7,60
Total pyroxènes.....		2,32		8,51		4,25		6,90		3,80		7,60
magnétite.....	1,60		2,45		2,80		4,50		2,80		2,10	
ilménite.....	1,05		1,22		0,61		1,10		0,60		1,45	
pyrite.....	—		—		0,04		—		—		—	
Total minéral.....		2,65		3,67		3,45		5,60		3,40		3,55
apatite.....	0,17		0,35		0,38		0,50		0,20		0,35	
Total barylites.....		5,14		12,53		8,08		13,00		7,40		11,50
H ₂ O±.....	0,55		0,67		1,78		0,85		0,61		0,53	
	100,34		99,50		100,51		100,00		99,46		100,28	
Or/Pl.....	0,46		0,25		0,12		0,24		0,35		0,32	
An (%)	40		40		34		39		32		44	

(a) y compris Si O₃ Mn = 1,75

Paramètres de Lacroix

n° 24 : I . 4 . ' 3 . 3' [2 . 1 . 1 . 2']

n° 1468 : I' . 4 . 3 . 4₍₅₎

n° 1874 : I' . (3) . 4 . 2₍₃₎ . ' 4

n° 193 : (I) II . 4 . 3 . 4 .

n° 1550 : (I) II . 4 . 3 . 4 . [3 . 1 . 1 . 3]

n° 1985 : I_(II) . ' 4 . 3 . (3) 4

Paramètres K. N. C. (destinés au diagramme triangulaire)

	24	193	1468	1550	1874	1985
K.....	24,5	15	8	14	20,5	18
N.....	33,5	38	47	38	42,5	33
C.....	42	47	45	48	37	49

Paramètres de Niggli.

	24	193	1468	1550	1874	1985
<i>al.</i>	43	35,6	40,3	36	39	37
<i>fm.</i>	14	27,3	16,6	29	22	26,5
<i>c.</i>	18,5	18,3	21,1	17	15	18,5
<i>alk.</i>	24,5	18,8	22,0	18	24	18
<i>si.</i>	313	256	247	243	334	283,5
<i>si'</i>	198	175,2	188	172	196	172
<i>qz.</i>	115	80,8	59	71	138	101,5
<i>k.</i>	0,41	0,28	0,14	0,27	0,32	0,35
<i>mg.</i>	0,44	0,55	0,39	0,37	0,40	0,46
<i>o.</i>	0,27	0,18	0,34	—	—	0,17

Le diagramme (n° 34) ne fait apparaître aucune variation régulière de ces paramètres; on remarque seulement que la composition des roches types de Dixcove et de Golé-Bondoukou est assez différente de celle des granodiorites de Haute-Volta.

Granodiorites

Variations des paramètres de Niggli

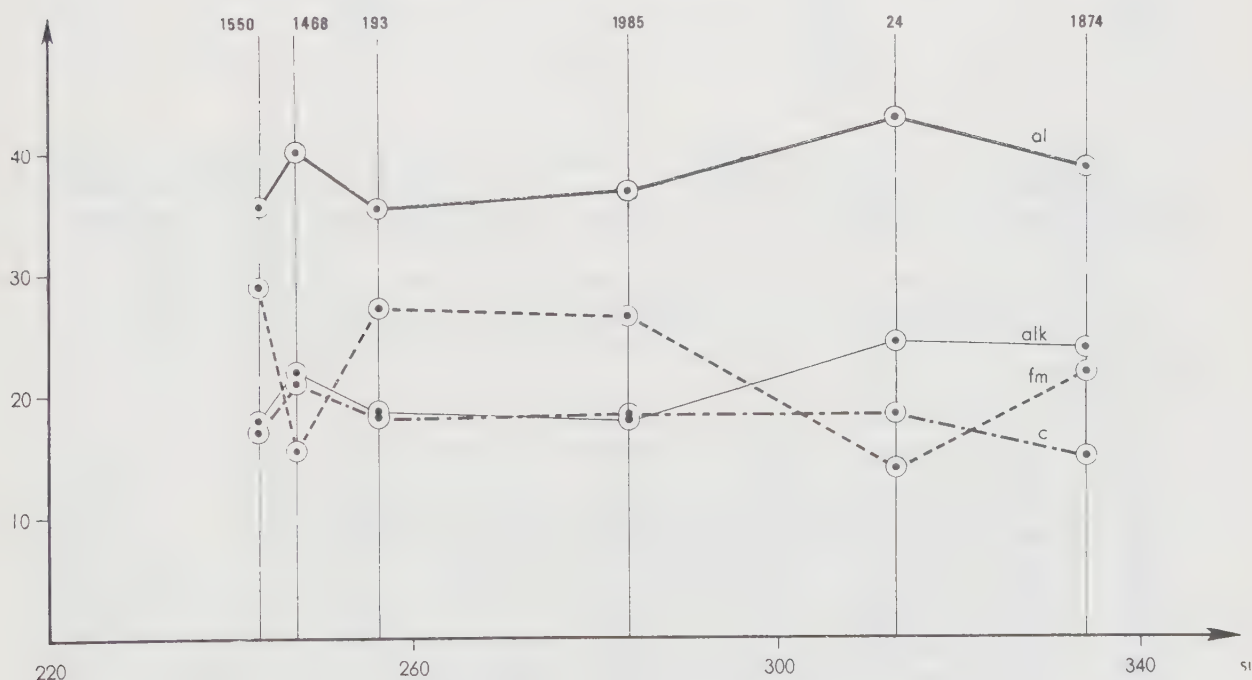


Fig. : 34

Composition équivalente d'après les minéraux observés.

La plupart des granodiorites ayant une composition minéralogique complexe, la composition équivalente n'a pu être recherchée avec succès que pour l'échantillon n° 24 (Saria) dont le seul minéral ferromagnésien est la biotite.

ANALYSE N° 24 ..

	Ap	Sph	Ab	Bi	Epi	Zo	An	Mic	Sér	Q
Si..... 64,95		0,4	17,7	3,10	0,15	0,15	6,10	8,25	1,5	27,6
Al..... 17,80			5,9	1,30	0,10	0,15	6,10	2,75	1,5	
Fe ^{III} 0,80				0,75	0,05					
Fe ^{II} +Mn... 0,80				0,80						
Mg..... 1,25				1,25						
Ca..... 3,75	0,10	0,4			0,10	0,10	3,05			
Na..... 5,90			5,9							
K..... 4,30				1,05				2,75	0,5	
Ti..... 0,40		0,4								
P..... 0,06	0,06									
OH..... 2,20				1,05	0,10	0,10			1,0	

quartz		27,60	
microcline.....		13,75	
albite.....	29,50	{ PI=44,75 }	F=58,50
anorthite.....	15,25		
séricite	3,50	{	11,75
biotite	8,25		
zoïsite	0,40	{	0,80
épidote.....	0,40		
sphène.....	1,20	{	1,36
apatite.....	0,16		
			<u>100,01</u>

Σ éléments blancs = 89,60

Σ barylites = 10,41

$\frac{\text{microcline}}{\text{plagioclase}} = 0,31$

An(%) = 34

Marche du calcul : j'épuise successivement P, Ti, Na, Fe^{III} et Mg pour former l'apatite, le sphène, l'albite et la biotite; le minéral étant absent, Fe^{III} est réparti entre la biotite et l'épidote. Après le décompte d'une petite quantité de zoisite, le reste de Ca est calculé en anorthite; le reliquat de Al est réparti entre microcline et séricite.

La seule indétermination concerne l'épidote et la zoisite. Le plagioclase calculé (An 34) est plus proche de l'andésine observée (An 31) que le plagioclase virtuel. La biotite est très ferrifère : $\frac{\text{Al}}{\text{Fe}'''} = 1,75$; $\frac{\text{Mg}}{\text{Fe}''} = 1,50$.

GRANITES AKÉRITIQUES : roches de Haute-Volta.

- n° 411 — à hornblende verte et chlorite. *Provenance* : Sambogha (L = 0°58'; l = 12°45').
 n° 412 — à biotite et épidote. *Provenance* : Est de Foulla (L = 0°57'; l = 12°47').
 n° 498 — à biotite. *Provenance* : Sud de Kondin (L = 1°51'; l = 13°0').
 n° 545 — à biotite et hornblende verte (un peu d'épidote, chlorite et zoïsité). *Provenance* : Nakoalba (L = 1°23'; l = 12°50').
 n° 552 — à biotite. *Provenance* : Sud-Est de Sabouri (L = 1°3'; l = 12°41').
 n° 820 — à biotite, épidote et allanite. *Provenance* : Nord-Est de Béléoulo. (L = 1°2'; l = 14°22').
 n° 2340 — granite albitisé à biotite. *Provenance* : Zamo (L = 2°44'; l = 12°1').

Analyse modale.

Trois de ces échantillons ont été étudiés avec le compteur de points. Je donne également la composition modale de l'échantillon n° 292 qui provient du massif de Kondin-Sérédin, mais d'un autre affleurement (L = 1°50'; l = 13° 1') distant d'environ 2 km du n° 498. Voici les résultats :

Composition modale

	411		412		292 (498)		552	
	Pourcent. observé	Déviati standard	Pourcent. observé	Déviati standard	Pourcent. observé	Déviati standard	Pourcent. observé	Déviati standard
quartz	28,75	2,3	23,2	2,2	20,0	2,0	24,7	2,4
microcline	7,8	1,4	11 (a)	1,6	7,0	1,3	34 (a)	2,6
feldspath indéterminé.	8,0	1,4	—	—	—	—	—	—
plagioclase	49,5	2,55	54,2	2,5	61,6	2,5	20,3	2,2
saussurite	—	—	5,2	1,1	—	—	—	—
séricite	0,5	0,4	—	—	—	—	8,5	1,55
épidote	—	—	—	—	5,2	1,1	5,0	1,2
zoisite	—	—	—	—	0,75	0,45	2,35	0,8
biotite	—	—	1,75	0,65	2,0	0,7	1,5	0,7
chlorite	1,8	0,7	1,5	0,6	—	—	0,3	0,3
muscovite	—	—	0,5	0,35	2,5	0,8	—	—
hornblende verte....	1,55	0,65	—	—	—	—	—	—
actinote	0,25	0,25	0,25	—	—	—	—	—
sphène	0,5	0,4	0,5	0,35	0,25	0,25	0,6	0,4
grenat	—	—	—	—	—	—	0,3	0,3
apatite	0,5	0,4	0,25	0,25	0,5	0,35	0,6	0,4
zircon	0,25	0,25	—	—	0,25	0,25	—	—
calcite	0,25	0,25	0,75	0,45	—	—	0,6	0,4
minéral	0,25	0,25	1,25	0,55	—	—	1,2	0,6
	99,90		100,10		100,05		100,15	
An %	25		15		15		10	
Nombre de points ob- servés	386		400		401		340	

(a) Perthitisé.

Composition chimique exprimée en pourcentages pondéraux d'oxydes

	411	412	498	545	552	820	2 340 (b)
Si O ₂	67,05	68,70	69,00	68,90	67,28	68,05	76,20
Al ₂ O ₃	16,60	13,85	14,80	14,60	16,72	15,50	11,65
Fe ₂ O ₃	1,10	2,45	2,40	1,25	1,55	0,55	1,90
Fe O	1,45	1,98	1,20	1,80	1,58	1,74	0,78
Mn O	0,07	0,13	0,10	0,06	0,04	0,05	0,04
Mg O	1,50	0,75	0,80	1,50	1,00	1,33	0,28
Ca O	4,05	2,13	1,65	2,70	2,49	2,72	2,05
Na ₂ O	5,10	4,85	4,65	4,40	4,35	4,50	3,60
K ₂ O	1,90	2,10	4,25	3,75	3,50	2,50	2,75
Ti O ₂	0,40	0,50	0,25	0,40	0,50	0,40	0,35
P ₂ O ₅	0,21	0,12	0,20	0,18	0,34	0,12	0,04
H ₂ O ⁺	0,80	1,07	0,45	0,95	0,82	2,40	0,55
H ₂ O ⁻	0,05	0,25	0,20	—	0,11	0,13	0,25
	100,28	98,88	99,95	100,49	100,28	99,99	100,44

(b) Chimiste: J. PATUREAU (CNRS).

Paramètres de Niggli

	411	412	498	545	552	820	2 340
<i>al</i>	39,8	38,5	40	37,5	43	41,7	40,6
<i>fm</i>	17,6	22	19	20,5	17,2	17,8	15,2
<i>c</i>	17,6	11	8	13	11,7	13,3	13,1
<i>alk</i>	25	28,5	33	29	28,1	27,2	31,1
<i>si</i>	272,5	324	317	301,3	294	310,8	448
<i>si'</i>	200	214	232	216	212,4	208,8	224,4
<i>qz</i>	72,5	110	85	85	81,6	102	223,6
<i>k</i>	0,20	0,22	0,375	0,36	0,35	0,27	0,34
<i>mg</i>	0,52	0,24	0,30	0,47	0,39	0,50	0,16
<i>o</i>	0,19	0,39	0,44	0,20	0,30	0,10	0,56

Composition chimique exprimée en « pourcentages ioniques »

	411		412		498		545		552		820		2 340	
		anions		anions		anions		anions		anions		anions		anions
Si	62,00	124,00	65,70	131,40	64,50	129,00	64,10	128,20	62,80	125,60	64,55	129,10	72,30	144,60
Al	18,15	28,35	15,60	23,40	16,25	24,38	16,00	24,00	18,35	27,53	17,30	25,95	13,05	21,60
Fe ^{'''}	0,75		1,75	2,62	1,70	2,55	0,86	1,29	1,08	1,62	0,40	0,60	1,35	
Fe ^{''}	1,12	1,12	1,60	1,60	0,92	1,00	1,40	1,40	1,22	1,25	1,40	1,40	0,61	0,61
Mn	0,06	0,06	0,10	0,10	0,08	1,00	0,05	0,05	0,03	1,25	0,05	0,05	0,03	0,03
Mg	2,05	2,05	1,05	1,05	1,10	1,10	2,10	2,10	1,40	1,40	1,90	1,90	0,40	0,40
Ca	4,00	4,00	2,20	2,20	1,65	1,65	2,70	2,70	2,50	2,50	2,75	2,75	2,08	2,08
Na	9,15	5,70	9,00	4,50	8,40	4,20	7,95	6,20	7,85	6,00	8,30	4,15	6,60	3,30
K	2,25		2,55	1,28	5,05	2,53	4,45		4,15		3,00	1,50	3,30	1,65
Ti	0,28	0,56	0,35	0,70	0,17	0,34	0,28	0,56	0,35	0,70	0,30	0,60	0,25	0,50
P	0,17	0,43	0,10	0,25	0,16	0,40	0,14	0,35	0,27	0,68	0,10	0,25	0,03	0,08
	99,98	166,28	100,00	169,10	99,98	167,15	100,03	166,85	100,00	167,28	100,05	168,25	100,00	174,85
OH		4,90		6,80		2,80		5,90		5,10		15,20		3,50
		171,18		175,90		169,95		172,75		172,38		183,45		178,35
moins O pour OH		2,45		3,40		1,40		2,95		2,55		7,60		1,75
		168,73		172,50		168,55		169,80		169,83		175,85		176,60

Composition virtuelle

	411		412		498		545		552		820		2 340	
quartz	19,65		26,55		21,60		21,40		22,40		23,85		40,50	
albite	43,15		41,00		39,25		37,25		36,75		38,00		30,50	
anorthite	16,75		9,75		7,00		9,00		10,00		12,75		7,50	
Total plagioclase.....		59,90		50,75		46,25		46,25		46,75		50,75		38,00
orthose.....	11,25		12,40		25,00		22,15		20,75		14,75		16,25	
Total feldspaths.....		71,15		63,15		71,25		68,40		67,50		65,50		54,25
corindon	—		—		—		—		2,10		0,75		—	
Total coupholites		90,80		89,70		92,85		89,80		92,00		90,10		94,75
Si O ₃ Ca	0,80		—		—		1,30		—		—		0,80	
Si O ₃ Mg	0,55		—		—		0,85		—		—		0,70	
Si O ₃ Fe	0,17		—		—		0,35		—		—		—	
Total diopside.....		1,52		—		—		2,50		—		—		1,50
Si O ₃ Mg	3,18		1,88		2,00		2,90		2,50		3,30		—	
Si O ₃ Fe	1,05		1,02		—		1,35		0,85		2,20		—	
Total hypersthène.....		4,23		2,90		2,00		4,25		3,35		5,50		—
wollastonite	—		—		—		—		—		—		0,30	
Total pyroxènes.....		5,75		2,90		2,00		6,75		3,35		5,50		1,80
hématite	—		—		—		—		—		—		0,80	
magnétite	1,60		3,55		3,50		1,80		2,25		0,80		1,60	
ilménite	0,75		0,95		0,45		0,75		0,95		0,75		0,65	
Total minéral.....		2,35		4,50		3,95		2,55		3,20		1,55		3,05
apatite	0,50		0,28		0,50		0,42		0,80		0,30		0,10	
Total barylites		8,60		7,68		6,45		9,72		7,35		7,35		4,95
H ₂ O [±]	0,85		1,32		0,65		0,95		0,93		2,53		0,80	
	100,25		98,70		99,95		100,47		100,28		99,98		100,50	
Or/Pl.....	0,19		0,24		0,54		0,48		0,44		0,29		0,43	
An (%)	28		19		15		19		22		25		20	

Paramètres K N C (destinés au diagramme triangulaire)

	411	412	498	545	552	820	2 340
K	12,5	16,5	31	28	26	18,5	25
N	50,5	57,5	52	49	49	50	51
C	37	26	17	23	25	31,5	24

Paramètres de Lacroix :

 n° 411 : I'.4.2.₍₃₎4

n° 412 : I'.4.2.4

 n° 498 : I.4'.2.3₍₄₎

 n° 545 : I₍₁₁₎.4.2.₍₃₎4

 n° 552 : I'.4.2'₍₃₎4

n° 820 : I'.4.2'.4

n° 2340 : I.3'.2'.4

ANALYSE N° 411 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Sph	TitanoMa	Mic	Ab	An	Chlo	(m)	(p)	Q
Si.....	62,00	0,13		6,75	27,0	6,0	1,12	hornblende 0,70	0,30	20,0
Al.....	18,15			2,25	9,0	6,0	0,75	0,08	0,07	
Fe'''.....	0,75		0,70					0,02	0,03	
Fe''+Mn.....	1,18		0,15+0,50				0,39	0,10	0,04	
Mg.....	2,05						1,49	0,40	0,16	
Ca.....	4,00	0,57	0,13			3,0		0,20	0,10	
Na.....	9,15				9,0			0,10	0,05	
K.....	2,25			2,25						
Ti.....	0,28	0,13	0,15							
P.....	0,17									
OH.....	4,90						1,50	0,20	0,10	

quartz 20,00

microcline..... 11,25

albite 45,0 / 60,0

anorthite 15,0 / 60,0

 hornblende verte..... m 1,60 / 2,35
 p 0,75 / 3,75

chlorite 3,75

titanomagnétite..... 1,50

sphène..... 0,39

apatite..... 0,74

99,98

 Σ éléments blancs = 91,25

 Σ barylites = 8,73

microcline = 0,19

plagioclase

An (%) = 25

Les quantités de Ti, Mg et Fe fournies par l'analyse sont trop importantes pour que l'on trouve le minéral, la chlorite et l'amphibole en quantités équivalentes à ce qui a été observé; il n'est pas possible de conduire le calcul autrement.

La hornblende calculée a pour composition :

 $m[\text{Na Ca}_2 (\text{Mg, Fe}'')_5 (\text{OH})_2 \text{Si}_7 (\text{Al, Fe}''') \text{O}_{22}] + p[\text{Na Ca}_2 (\text{Mg, Fe}'')_4 (\text{OH})_2 \text{Si}_6 (\text{Al, Fe}''') \text{O}_{22}]$

 avec $m = 0,7$; $p = 0,3$; $\frac{\text{Al}}{\text{Fe}'''} = 3$; $\frac{\text{Mg}}{\text{Fe}''} = 4$.

 Dans la chlorite également, $\frac{\text{Mg}}{\text{Fe}''}$ est voisin de 4.

La quantité de quartz calculé est inférieure à ce qui a été observé, mais les résultats sont satisfaisants pour les feldspaths.

ANALYSE N° 412 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Sph	TitanoMa	Bi	Chlo	Epi	Cal	An	Ab	Séri	Mus	Mic	Q
Si.....	65,70	0,2		1,10	0,60	0,45		2,4	27	0,96	0,24	5,25	27,5
Al.....	15,60			0,55	0,40	0,30		2,4	9	0,96	0,24	1,75	
Fe'''.....	1,75		1,40	0,20		0,15							
Fe''+Mn.....	1,70		0,15+0,85	0,30	0,40								
Mg.....	1,05			0,45	0,60								
Ca.....	2,20	0,17	0,2			0,30	0,33	1,2					
Na.....	9,00								9				
K.....	2,55			0,38						0,30	0,08	1,75	
Ti.....	0,35	0,2	0,15										
P.....	0,10	0,10											
OH.....	6,80			0,38	1,60	0,30				0,66	0,16		

quartz	27,50
microcline	8,75
albite	45
anorthite	6
séricite	
épidote	
biotite	
chlorite	
muscovite	
sphène	
apatite	
calcite	
minéral	
	99,96

Après le calcul de l'apatite, le sphène est précompté conformément à l'observation et le reste du titane est compté comme minéral. Mg et Fe sont répartis entre biotite et chlorite en tenant compte des proportions observées; le reste du Fe^{'''} est affecté à l'épidote.

L'anorthite est calculée après prélèvement d'une partie de Ca pour former la calcite.

La biotite et la chlorite ont un rapport $\frac{Mg}{Fe''}$ égal à 1,5.

Le rapport $\frac{Al}{Fe''}$ est égal à 2,75 dans la biotite et à 2 dans l'épidote.

La séricite, l'épidote, une partie du quartz et de l'albite correspondent à la saussurite observée; une autre partie de l'albite est dans le microcline. Ces réserves faites, la composition équivalente correspond assez bien à la composition modale.

ANALYSE N° 498 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap.	Sph	Il	Bi	Ma	Micro	Ab	An	Mus	Q
Si.....	64,50	0,12		1,8		13,05	25,2	2,0	0,3	22,03
Al.....	16,25			1,2		4,35	8,4	2,0	0,3	
Fe ^{'''}	1,70				1,70					
Fe''+Mn....	1,00		0,05	0,1	0,85					
Mg.....	1,10			1,1						
Ca.....	1,65	0,53	0,12					1,0		
Na.....	8,40						8,4			
K.....	5,05			0,6		4,35			0,1	
Ti.....	0,17	0,12	0,05							
P.....	0,16	0,16								
OH.....	2,80			0,6					0,2	

quartz	22,03
microcline	21,75
albite	42,0
anorthite	5,0
muscovite	0,70
biotite	4,80
magnétite	2,55
ilménite	0,10
sphène	0,36
apatite	0,69
	99,98

Σ éléments blancs = 91,48
 Σ barylites = 8,50
 $\frac{\text{microcline}}{\text{plagioclase}} = 0,46$
 An (%) = 10,6

Le mode de l'échantillon observé (n° 292) est assez différent : il contient plus de 60 % de plagioclase (An 15), 6 % d'épidote + zoïsité et beaucoup moins de microcline. Il est donc plus calcique et moins potassique. Ceci montre qu'à l'intérieur d'un massif circonscrit, on peut observer, à quelques kilomètres de distance, d'importantes variations dans la composition du granite.

ANALYSE N° 552 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Sph	Ab	An	Epi	Zo	TitanoMa	Bi	Chlo	Sér	Mic	Q
Si..... 62,80		0,2	23,55	1,70	1,02	0,48		1,65	0,52	3,9	6,9	22,88
Al..... 18,35			7,85	1,70	0,67	0,48		1,10	0,35	3,9	2,3	
Fe''' 1,08					0,35		0,73					
Fe'' + Mn... 1,25							0,15 + 0,52	0,30	0,28			
Mg..... 1,40								0,80	0,60			
Ca..... 2,50	0,45	0,2		0,85	0,68	0,32						
Na..... 7,85			7,85									
K..... 4,15								0,55		1,3	2,3	
Ti..... 0,35		0,2					0,15					
P..... 0,27	0,27											
OH..... 5,10					0,68	0,32		0,55	1,40	2,6		

quartz 22,88

microcline 11,5

albite.. 39,25 { Pl = 43,5 F = 55,00

anorthite 4,25 {

séricite 9,10

biotite 4,40 {

chlorite..... 1,75 {

épidote 2,72 {

zoïsité 1,28 {

titanomagnétite..... 1,55

sphène..... 0,60 {

apatite..... 0,72 {

100,00

Σ éléments blancs = 87

Σ barylites = 13

microcline
plagioclase = 0,26

An (%) = 10

Après le calcul de l'apatite, une partie du Ti est affectée au sphène, de façon à obtenir une quantité (0,6) conforme à celle qui a été observée. La totalité de Na étant comptée en albite, l'anorthite est calculée de façon à obtenir un plagioclase An 10. Il reste alors 1,00 Ca qui est destiné à l'épidote et à la zoïsité. Ces deux minéraux sont calculés proportionnellement aux quantités observées. Toutefois, il n'y a pas assez de chaux pour obtenir 5 % d'épidote et 2,35 % de zoïsité.

Après le calcul de l'épidote et du sphène, Fe''' et Ti restants sont comptés en titanomagnétite, en prélevant Fe'' nécessaire. La quantité de minéral ainsi obtenue (1,55 éq.) est conforme à ce qui a été observé (1,2 % en volume).

Le reste de Fe'' et Mg est alors partagé entre biotite et chlorite proportionnellement aux quantités observées. Toutefois, cette méthode conduit à en calculer beaucoup plus que ce qui a été observé.

Al et K restants sont alors répartis entre séricite-muscovite et microcline; le reste de Si est compté comme quartz.

Le microcline observé est trois fois plus abondant que le microcline calculé, mais il est très perthitisé; d'ailleurs, le plagioclase libre observé est deux fois moins abondant que le plagioclase calculé, et le total des feldspaths est le même.

Les nombres obtenus pour le quartz et le mica blanc sont conformes à l'observation; par contre, il y a d'importantes différences sur biotite-chlorite et sur épidote-zoïsité; en outre, la chaux est insuffisante pour faire apparaître la calcite qui a été observée.

ANALYSE N° 820

Composition équivalentaire d'après les minéraux observés

	Ap	Ab	An	Epi	Sph	TitanoMa	Bi	Mic	Sér	Q
Si.....	64,55	24,9	4,10	0,65	0,1		4,35	4,5	0,15	25,8
Al.....	17,30	8,3	4,10	0,45			2,80	1,5	0,15	
Fe'''.....	0,40			0,20		0,10	0,10			
Fe'' + Mn.....	1,45					0,20 + 0,25	1,00			
Mg.....	1,90						1,90			
Ca.....	2,75	0,17	2,05	0,43	0,1					
Na.....	8,30	8,3								
K.....	3,00						1,45	1,5	0,05	
Ti.....	0,30				0,1	0,20				
P.....	0,10	0,10								
OH.....	7,60			0,43			1,45		0,10	

quartz				25,80	
microcline		7,50			
albite	41,50	51,75		59,25	Σ éléments blancs = 85,40
anorthite	10,25				Σ barylites = 14,65
séricite				0,35	microcline = 0,15
biotite				11,60	plagioclase
titanomagnétite				0,75	An (%) = 20
sphène				0,30	
épidote				1,73	
apatite				0,27	
				100,05	

Après le calcul de l'apatite et de l'albite, une partie du Ca est prélevée pour l'anorthite, de façon à obtenir un plagioclase An 20; le reste du Ca est ensuite calculé en épidote et en sphène. Le reliquat de Ti est associé à un peu de Fe''' et à la quantité de Fe'' nécessaire pour former le minéral (calculé en titanomagnétite).

Mg et le reste de Fe'' sont comptés en biotite, ce qui nécessite 1,45 K; le reste de K est alors réparti entre microcline et séricite (calculée en muscovite), en tenant compte de la quantité d'aluminium disponible.

Outre l'épidote (calculée ici), la roche contient de l'*allanite*. ZrO₂ n'ayant pas été dosé, le *zircon* n'a pas été calculé. On remarque l'importance de la biotite (1/9 de la roche); dans la lame mince, le minéral est associé à la biotite.

Le microcline est peu abondant, mais il est perthitisé. La séricite, calculée en très petite quantité, semble plus abondante en lame mince.

GRANITES AKÉRITIQUES : Comparaison avec d'autres granites d'Afrique occidentale.

A titre de comparaison, nous rappelons ci-après les analyses de six granites akéritiques en massifs circonscrits, dont voici les déterminations et les provenances :

n° 1215 — granite akéritique à biotite et muscovite.

Provenance : Korokaha (Côte d'Ivoire).

n° 1583 — granite akéritique à biotite.

Provenance : Niangbala.

n° 1975 — granite akéritique.

Provenance : Kanangono. — Ces trois analyses in M. ARNOULD (1961).

n° 3238 — granite à biotite porphyrique.

Provenance : entre Busa et Wa (Northern Territories). — *in* G C G S (1928).

n° 4683 — granite porphyroïde à biotite et chlorite.

Provenance : Ouéré (entre Bobo Dioulasso et Diébougou). — *in* L. BODIN (1951).

n° 4792 — granite akéritique finement grenu à chlorite.

Provenance : Mougué (Est de Diébougou, Haute-Volta). — *in* L. BODIN (1951). Cet auteur a choisi le granite de Mougué comme type des granites akéritiques en massifs circonscrits de l'Ouest africain.

Entre autres comparaisons, on remarque surtout les analogies entre :

n° 412 (Foulla), 820 (Béléoulo) et 4792 (Mougué); ce dernier qui a un aspect macroscopique assez différent ressemble plutôt aux enclaves finement grenues du massif de Béléoulo.

n° 545 (Nakoalba), 552 (Sabouri) et 2340 (Zamo).

n° 411 (Sambogha) et 3228 (Busa-Wa).

n° 552 (Sabouri) et 1215 (Korokaha).

n° 498 (Kondin) et 1975 (Kanangono).

n° 2340 (Zamo) et 1583 (Niangbala).

Composition chimique présentée en pourcentages pondéraux d'oxydes

	1215	1583	1975	3238	4683	4792
Si O ₂	70,90	70,86	69,57	68,46	70,25	68,90
Al ₂ O ₃	15,95	14,20	15,03	15,39	14,50	14,35
Fe ₂ O ₃	0,90	1,48	1,67	0,80	1,09	1,30
Fe O.....	1,30	0,95	0,73	2,00	0,99	1,80
Mn O.....	0,04	0,06	0,05	0,04	0,06	—
Mg O.....	0,70	0,36	1,10	1,02	1,04	0,75
Ca O.....	1,70	2,44	2,46	2,98	3,00	2,80
Na ₂ O.....	4,25	3,72	4,30	4,40	5,70	6,00
K ₂ O.....	3,85	3,15	3,30	3,13	2,85	1,20
Ti O ₂	0,30	0,40	0,28	0,48	0,35	0,25
P ₂ O ₅	0,05	0,12	0,10	0,17	0,15	0,16
H ₂ O ⁺	0,50	0,94	1,02	0,98	0,60	1,75
H ₂ O ⁻	0,15	0,12	0,20	0,19	0,20	0,05
		CO ₂ 1,30		Sr O 0,04 Ba O 0,12		CO ₂ 0,35
	100,59	100,10	99,81	100,20	100,78	99,66

Paramètres de Niggli

	1215	1583	1975	3238	4683	4792
al.....	46	44	42	40	38	37
fm.....	14	13	16	17	15	18
c.....	9	14	13	15	14	14
alk.....	31	29	29	28	33	31
si.....	346	373	327	305	313	334
si'.....	224	216	216	212	232	224
qz.....	122	157	113	93	81	110
k.....	0,37	0,35	0,34	0,32	0,25	0,12
mg.....	0,36	0,22	0,46	0,40	0,47	0,30

Variation des paramètres de Niggli.

Si l'on reporte sur un même diagramme, en fonction de *si*, les valeurs *al*, *fm*, *c* et *alk* correspondant aux 7 granites de la région étudiée et aux 6 granites cités en références (fig. 35) on constate que, pour *si* compris entre 270 et 450, les quatre paramètres ne varient pratiquement pas : *al* se maintient entre 37 et 46; *alk* entre 25 et 33; *fm* entre 13 et 22; *c* entre 8 et 18.

Contrairement à ce que nous avons vu pour les granodiorites, il y a donc une grande homogénéité dans la composition des granites akéritiques.

Paramètres K. N. C. (destinés au diagramme triangulaire)

	1215	1583	1975	3238	4683	4792
K.....	29	25	24	22	21	9
N.....	49	45	48	47	65	69
C.....	22	30	28	31	14	22

Composition virtuelle

	1215		1583(a)		1975		3238		4683		4792	
quartz.....	26,40		31,75		25,40		22,50		20,25		23,35	
albite.....	36,00		31,50		36,25		37,25		48,25		50,75	
anorthite.....	8,00		11,25		11,50		13,00		5,50		8,65	
Total plagioclase.....		44,00		42,75		47,75		50,25		53,75		59,40
orthose.....	22,75		18,60		19,50		18,50		16,85		7,10	
Total feldspaths.....		66,75		61,35		67,25		68,75		70,60		66,50
corindon.....	1,85		0,55		0,20		—		—		—	
Total coupholites.....		95,00		93,65		92,85		91,25		90,85		89,85
Si O ₃ Ca.....	—		—		—		0,45		3,40		0,80	
Si O ₃ Mg.....	—		—		—		0,23		2,60		0,40	
Si O ₃ Fe.....	—		—		—		0,20		0,45		0,40	
Total diopside.....		—		—		—		0,88		6,45		1,60
Si O ₃ Mg.....	1,75		0,90		2,75		2,32		—		1,45	
Si O ₃ Fe.....	1,25		—		—		2,10		—		1,40	
Total hypersthène.....		3,00		0,90		2,75		4,42		—		2,85
wollastonite.....	—		—		—		—		0,10		—	
Total pyroxènes.....		3,00		0,90		2,75		5,30		6,55		4,45
hématite.....	—		0,04		0,50		—		—		—	
magnétite.....	1,30		2,10		1,70		1,15		1,60		1,90	
ilménite.....	0,60		0,76		0,53		0,90		0,65		0,50	
Total minéral.....		1,90		2,90		2,73		2,05		2,25		2,40
apatite.....	0,12		0,30		0,25		0,40		0,35		0,38	
Total barylites.....		5,02	(a)	4,10		5,73		7,75		9,15		7,23
calcite.....	—		—		—		—		—		0,80	
H ₂ O [±] + CO ₂	0,65		2,36		1,22		1,17		0,80		1,80	
	100,67		100,11		99,80		100,17		100,80		99,68	
Or/Pl.....	0,50		0,43		0,41		0,37		0,31		0,12	
An (%).....	19		26		24		26		10		14,5	

(a) Le calcul a été fait en faisant abstraction de CO₂ qui provient d'une altération superficielle; si l'on comptait CO₂ en calcite, on obtiendrait : calcite 2,95; anorthite 3,10; corindon 3,55; quartz 35,30, les autres minéraux sans changement. La roche aurait une composition de granite alcalin.

Granites akéritiques

Variations des paramètres de Niggli

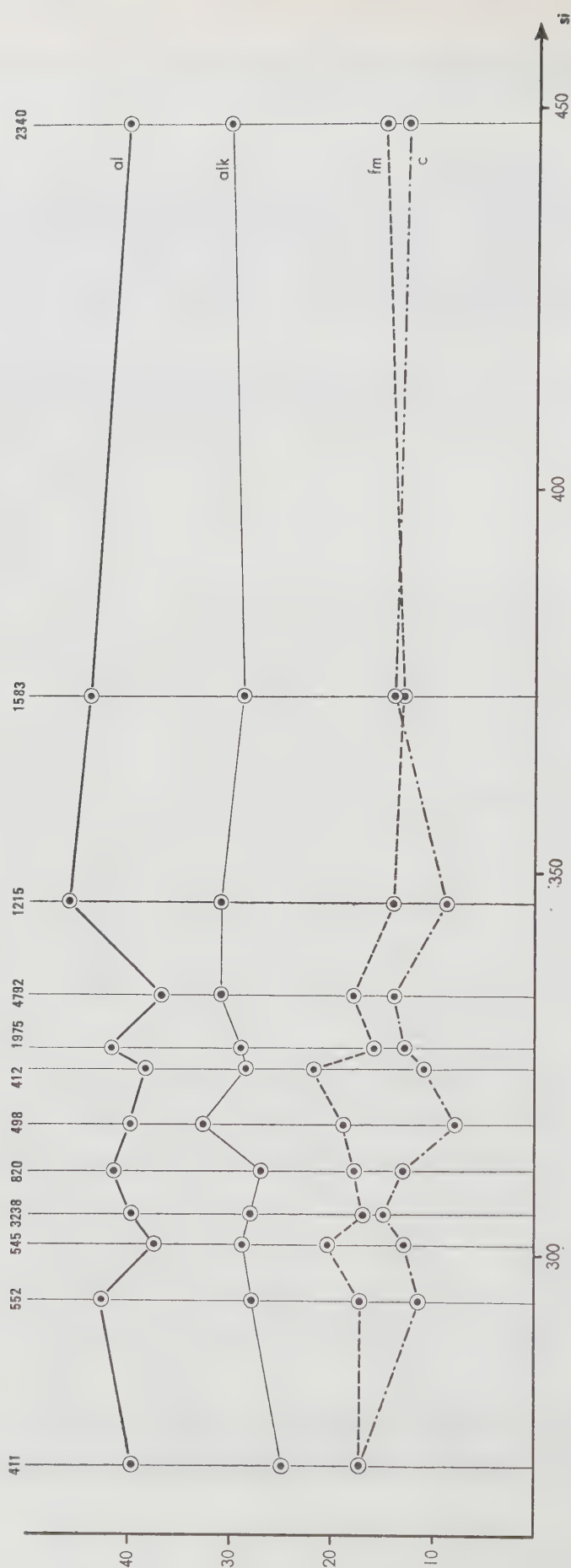


Fig. 35

Paramètres de Lacroix.

n° 1215 : 1.4.2.₍₃₎4
 n° 1583 : 1.4.2.₍₃₎4

n° 1975 : 1.4.2.'4
 n° 3238 : 1.4.2.'4

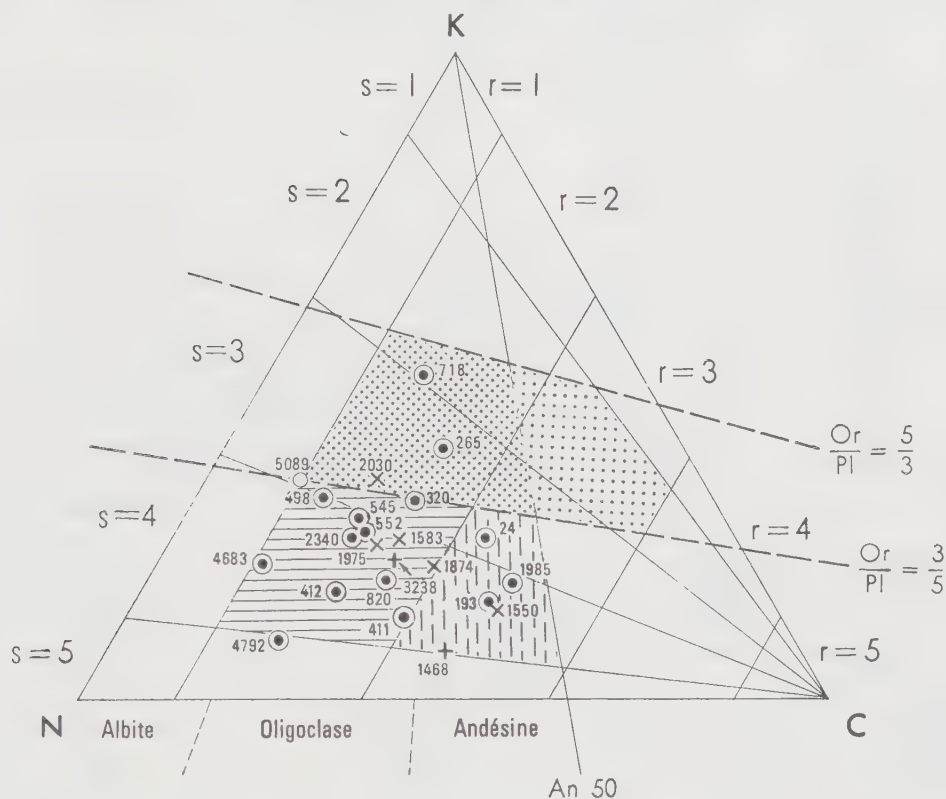
n° 4683 : 1'.4.₍₁₎2.4
 n° 4792 : 1.4.2.₍₄₎5

Paramètres K, N, C.

Si l'on se reporte sur un seul diagramme triangulaire (fig. 36) les paramètres K, N, C, relatifs aux 23 granites que nous venons de citer, on peut distinguer les trois secteurs correspondant aux granites akéritiques, aux granodiorites et aux granites monzonitiques, mais on remarque que les points représentatifs

Granites en massifs circonscrits

Diagramme de composition des feldspaths



- *Roches de Haute-Volta*
- × *Roches de Côte d'Ivoire*
- + *Roches du Ghana*
- *Roches du Mali*

- Granites akéritiques*
- Granodiorites*
- Granites monzonitiques*

Fig. : 36

ne forment pas trois groupements différents. Le point moyen de cet amas ($K = 24$; $N = 46$; $C = 30$) correspond à un granite akéritique dont la composition feldspathique est peu différente de celle du granite n° 1583.

D'autre part si l'on compare le diagramme K, N, C des granites en massifs circonscrits et celui des granites baoulés, on constate que les points représentatifs se situent dans le même secteur. Il n'y a donc pas de différence essentielle au point de vue composition feldspathique entre les deux grandes familles de granites calco-alcalins.

Roches microgrenues.

Voici l'analyse chimique complète d'une microdiorite quartzique à amphibole (n° 382) provenant de Sorodin ($L = 1^{\circ}11'$; $l = 13^{\circ}4'$) (à l'Ouest de Kaya). A titre de comparaison, rappelons l'analyse de la microdiorite quartzique de Bondoukou (n° 1035) (1) dont la composition est très voisine :

	382	1 035
Si O ₂	63,40	68,80
Al ₂ O ₃	15,85	15,35
Fe ₂ O ₃	0,35	1,55
Fe O	6,10	2,15
Mn O	0,08	0,04
Mg O	2,40	1,00
Ca O	4,70	3,30
Na ₂ O	3,35	4,65
K ₂ O	1,45	1,40
Ti O ₂	0,60	0,50
P ₂ O ₅	0,02	0,04
H ₂ O ⁺	2,10	0,90
H ₂ O ⁻	0,10	0,30
	100,50	99,98

La finesse du grain n'a pas permis la recherche de la composition modale.

Composition virtuelle			
	382		1035
quartz	20,25		27,15
albite	28,25		39,30
anorthite	23,25		16,10
Total plagioclase		51,50	55,40
orthose	8,50		8,25
Total feldspaths		60,00	63,65
corindon	0,30		0,30
Total coupholites		80,55	91,10
Si O ₃ Mg	6,00		2,50
Si O ₃ Fe	10,05		1,90
Total pyroxène		16,05	4,40
magnétite	0,50		2,25
ilménite	1,15		0,95
Total minéral		1,65	3,20
apatite	0,05		0,10
Total barylites		17,75	7,70
H ₂ O [±]	-2,20		1,20
	100,50		100,00

Paramètres de Niggli		
	382	1035
al.	33,9	40,3
fm.	32,7	20,0
c.	18,3	15,7
alk.	15,1	24,0
si.	230,2	306
si'.	160,4	196
qz.	69,8	110
k.	0,22	0,17
mg.	0,40	0,33
o.	0,03	0,25

Paramètres de Lacroix :

n° 382 : 'II.4.3.4.[1'.1.1.3]
n° 1035 : I'.4.₍₂₎3.4' [3.1.1.3]

Or/Pl	0,16	0,15
An (%)	45	29

1. Analyse publiée par D. SOULÉ de LAFONT (1955), p. 77.

Ces paramètres classent les échantillons étudiés parmi les granodiorites, mais la roche de Côte d'Ivoire est plus sodique et plus quartzique que celle de Haute-Volta.

Le feldspath potassique n'a pas été observé au microscope, mais il peut être présent dans le plagioclase : d'après J.H.L. VOGT (1926), un oligoclase moyen pourrait contenir jusqu'à 9 % d'orthose; une partie de la potasse de l'échantillon n° 382 s'exprime en outre sous forme de séricite.

Roches alcalines

Comme les roches alcalines proviennent en général de massifs qui sont plus homogènes que les granites calco-alcalins, on peut penser que chaque massif peut être plus facilement caractérisé par une analyse chimique. C'est pourquoi nous citons ci-après quinze analyses de roches alcalines; ce nombre est évidemment disproportionné avec l'importance réelle de ces roches dans la région étudiée.

Granites hypocalciques

GRANITES POTASSICO-SODIQUES.

Nature et provenance des échantillons analysés.

n° 305 — granite orthosi-albitique à muscovite dominante et biotite.

Provenance : montagne Tampilgha (Ouest de Kosgho), cercle d'Yako (L = 1°56'; l = 13°0').

n° 329 — granite orthosi-albitique à biotite chloritisée et muscovite.

Provenance : Ibi (Riziam) (L = 1°46'; l = 13°30').

n° 655 — granite orienté à biotite (faciès de bordure).

Provenance : Est d'Aribinnda (L = 0°50'; l = 14°13').

n° 659 — filon aplitique dans le granite d'Aribinnda (L = 0°52'; l = 14°14').

n° 858 — granite orthosi-albitique à biotite.

Provenance : Sud de Guesselna (L = 0°46'; l = 14°23').

Analyse modale.

Deux lames minces seulement ont été étudiées avec le compteur de points. Voici les résultats :

Composition modale

	329		858	
	Pourcentage observé	Déviati on standard	Pourcentage observé	Déviati on standard
quartz	32,35	1,8	—	—
quartz et feldspaths limpides non maclés	—	—	50,5	2,6
feldspath indéterminé.....	9,65	1,15	—	—
microcline perthitisé ou non.....	22,85	1,7	11,4	1,55
feldspaths séricitisés non maclés.....	—	—	15,2	1,8
plagioclases limpides ou séricitisés...	32,5	1,8	20,5	2,0
séricite	0,15	0,15	0,45	0,32
muscovite.....	1,05	0,4	—	—
biotite	1,05 (a)	0,4	1,8	0,65
chlorite	0,15	0,15	—	—
épidote	—	—	0,2	0,25
grenat	0,30	0,22	—	—
(a) Verte.	100,05	—	100,05	—

Composition modale (suite)

	329	858
An %.....	7	8?
Nombre de points observés.....	674	440

Comme on le voit, plus de la moitié des minéraux du granite de Guesselna n'ont pas été déterminés. Aussi, le *mode* obtenu n'est d'aucun secours pour le calcul de la composition équivalente qui, d'ailleurs, s'est révélé inextricable.

Analyses présentées en pourcentages pondéraux d'oxydes

	305	329	655	659	858
Si O ₂	70,55	73,20	72,18	75,00	75,10
Al ₂ O ₃	15,70	14,58	14,40	14,75	14,20
Fe ₂ O ₃	2,15	1,26	2,95	0,46	0,47
Fe O	traces	0,58	0,43	0,25	0,59
Mn O	0,10	0,02	0,08	0,07	0,04
Mg O	0,50	0,16	0,18	0,04	0,12
Ca O	0,55	0,78	0,73	0,84	0,73
Na ₂ O	4,65	4,75	4,35	5,05	3,90
K ₂ O	5,00	4,05	4,35	3,50	3,75
Ti O ₂	0,25	0,00	0,20	traces	0,20
P ₂ O ₅	0,12	0,01	0,02	0,04	0,04
H ₂ O ⁺	0,65	0,51	0,61	0,40	0,64
H ₂ O ⁻	0,25	0,05	0,12	0,09	0,12
	100,47	99,95	100,60	100,49	99,90

Paramètres de Niggli

	305	329	655	659	858
<i>al</i>	46,2	46,9	44,3	50	51,0
<i>fm</i>	12,3	9,3	15,2	4	6,5
<i>c</i>	3,0	4,6	4,1	5	4,8
<i>alk</i>	38,4	39,2	36,4	41	37,7
<i>si</i>	352,8	400	377,1	431	458,6
<i>si'</i>	253,6	256,8	245,6	264	250,8
<i>qz</i>	99,2	143,2	131,5	167	207,8
<i>k</i>	0,41	0,36	0,40	0,31	0,39
<i>mg</i>	0,30	0,14	0,10	0,09	0,17
<i>c</i>	0,66	0,56	0,76	0,51	0,33

LES FORMATIONS CRISTALLINES ET MÉTAMORPHIQUES DU CENTRE ET DU NORD DE LA HAUTE-VOLTA

Analyses présentées en « pourcentages ioniques »

	305		329		655		659		858	
		anions		anions		anions		anions		anions
Si	65,50	131,00	68,25	136,50	67,50	135,00	69,30	138,60	70,70	141,40
Al	17,15	25,73	16,00	24,00	15,85	23,77	16,05	24,08	15,75	24,15
Fe'''	1,50	2,25	0,90	1,35	2,10	3,15	0,32	0,48	0,35	0,45
Fe''	traces	—	0,45	0,45	0,35	0,35	0,20	0,20	0,45	0,45
Mn	0,08	0,08	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03
Mg	0,68	0,68	0,22	0,22	0,25	0,25	0,05	0,05	0,17	0,17
Ca	0,56	0,56	0,78	0,78	0,73	0,73	0,83	0,83	0,73	0,73
Na	8,35	4,18	8,60	4,30	7,85	3,93	9,05	4,53	7,10	3,55
K	5,90	2,95	4,80	2,40	5,20	2,60	4,10	2,05	4,50	2,25
Ti	0,17	0,34	0,00	0,00	0,15	0,30	traces	—	0,15	0,30
P	0,09	0,23	0,01	0,03	0,02	0,05	0,03	0,08	0,03	0,07
	99,98	168,00	100,03	170,05	100,05	170,18	99,98	170,95	99,96	173,10
OH		4,00		3,15		3,80		4,50		4,00
		172,00		173,20		173,98		175,45		177,10
— O pour OH..		2,00		1,58		1,90		2,25		2,00
		170,00		171,62		172,08		173,20		175,10

Composition virtuelle

	305		329		655		659		858	
quartz	22,85		28,15		28,50		30,40		36,30	
albite	39,25		40,25		36,75		42,75		33,00	
anorthite	2,00		3,75		3,50		3,75		3,25	
Total plagioclase		41,25		44,00		40,25		46,50		36,25
orthose	29,50		24,00		25,75		20,75		22,15	
Total feldspath		70,75		68,00		66,00		67,25		58,40
corindon	1,95		0,95		1,25		1,25		2,55	
Total coupholites		95,55		97,10		95,75		98,90		97,25
Si O ₃ Mg	1,25		0,40		0,45		0,10		0,30	
Si O ₃ Fe	—		0,04		—		0,20		0,45	
Total hypersthène		1,25		0,44		0,45		0,30		0,75
magnétite	—		1,85		1,05		0,67		0,70	
hématite	2,15		—		2,25		—		—	
ilménite	0,23		—		0,38		—		0,38	
rutile	0,12		—		—		—		—	
Total minéral		2,50		1,85		3,68		0,67		1,08
Apatite	0,28		0,02		0,05		0,11		0,11	
Total barylites		4,03		2,31		4,18		1,08		1,94
H ₂ O [±]	0,90		0,56		0,73		0,49		0,76	
	100,48		99,97		100,66		100,47		99,95	
Or/Pl	0,70		0,54		0,64		0,44		0,61	
An (%)	5		8,5		9		8		9	

Paramètres K, N, C
(destinés au diagramme triangulaire)

	305	329	655	659	858
K ...	39	32	36	28	35
N ...	55,5	57,5	54	61,5	55
C	5,5	10,5	10	10,5	10

Paramètres de Lacroix :

n° 305 :	1.4.1.3'
n° 329 :	1.4.1 ₍₂₎ .3 ₍₃₎ ⁴
n° 655 :	1.4.1 ₍₂₎ .3 ₍₄₎
n° 659 :	1.4.1 ₍₂₎ .4
n° 858 :	1.3 ₍₄₎ .1 ₍₂₎ .3 ₍₄₎

ANALYSE N° 305

Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Sph	An	Ab	Bi	Mus	Mic	Hém	Q
Si		0,17	0,48	25,05	1,14	3,45	13,11		22,10
Al			0,48	8,35	0,50	3,45	4,37		
Fe'''					0,26			1,24	
Fe'' + Mn					0,08				
Mg					0,68				
Ca	0,15	0,17	0,24						
Na				8,35					
K					0,38	1,15	4,37		
Ti		0,17							
P	0,09								
OH	4,00				0,38	2,30			

quartz			22,10
microcline			21,85
albite	41,75	Pl =	42,95
anorthite	1,20		
muscovite			8,05
biotite			3,04
hématite			1,24
sphène	0,51		0,75
apatite	0,24		
			99,98

Σ éléments blancs = 94,95

Σ barylites = 5,03

$\frac{\text{microcline}}{\text{plagioclase}} = 0,51$

An (%) = 3

La seule indétermination du calcul concerne la quantité de Fe''' contenue dans la biotite : la quantité indiquée ici est un maximum; si on la diminue, il faut utiliser davantage d'aluminium pour la biotite, donc réduire la muscovite et augmenter le microcline.

Le plagioclase calculé est l'albite An 3; le plagioclase réel est probablement An 4 ou 5 car une partie de l'albite est présente sous forme de perthite dans le microcline.

Le microcline réel étant très perthitisé, il est difficile de dire si le rapport calculé $\frac{\text{microcline}}{\text{plagioclase}} = 0,51$ correspond bien à la réalité.

Le rapport des micas $\frac{\text{muscovite}}{\text{biotite}} = 2,65$ équivaut à peu près à ce qui a été observé; toutefois une partie de la muscovite calculée correspond à la séricite dont l'albite est toute parsemée.

Le tiers environ des radicaux OH est inutilisé; ceci correspond à une différence de 0,22 g de $H_2 O^+$ dans l'analyse.

Enfin, il y a vraisemblablement une erreur d'estimation entre $Fe_2 O_3$ et $Fe O$: le minéral observé est, en effet, la magnétite et non l'hématite. Peut-être l'échantillon analysé avait-il subi une altération superficielle (oxydation et hydratation de la magnétite en limonite), ce qui expliquerait en même temps l'erreur sur $H_2 O^+$.

ANALYSE N° 329

Composition équivalente d'après les minéraux observés

		Ap	Gr	An	Ab	Chlo	Bi	Mus	Mi	Q
Si.....	68,25		0,12	1,28	25,8	0,05	0,90	1,5	12	26,6
Al.....	16,00		0,08	1,28	8,6	0,04	0,50	1,5	4	
Fe'''.....	0,90						0,10			
Fe''+Mn.....	0,47					0,06	0,41			
Mg.....	0,22					0,03	0,19			
Ca.....	0,78	0,02	0,12	0,64						
Na.....	8,60				8,6					
K.....	4,80						0,30	0,5	4	
P.....	0,01	0,01								
OH.....	3,16					0,07	0,30	1,0		

quartz 26,60

microcline 20,00 / F = 66,20

albite ... 43,00 / Pl = 46,20

anorthite 3,20 \

muscovite 3,50

biotite .. 2,40 /

chlorite . 0,18 \

grenat (almandin)..... 0,32

apatite..... 0,03

excédent Fe''..... 0,80

100,03

Σ éléments blancs = 96,20

Σ barylites = 3,73

microcline = 0,44

plagioclase

An (%) = 8

Les deux micas sont en quantités équivalentes. La teneur en anorthite du plagioclase calculé (An 7) est conforme à celle du plagioclase observé car le microcline n'est pas perthitisé.

Il reste 0,80 atome Fe''' et 1,89 radicaux OH mais on n'observe au microscope ni la limonite ni un autre minéral de fer.

Numéros 655, 659 et 858.

La composition équivalente des deux échantillons d'Aribinnda et du granite de Guesselna n'a pas pu être obtenue : dans les trois cas, il y a un reste d'aluminium (respectivement 1,52, 1,48 et 2,89 atomes) qui ne correspond pas à de la muscovite observée; en outre, ces granites contiennent de la fluorine et le fluor n'a pas été dosé.

GRANITES SODIQUES

Nature et provenance des échantillons analysés.

n° 517 — granite à mica blanc. Provenance : L = 1°3'; l = 12°0' (15 km Est de Caongho).

n° 518 — pegmatite à deux micas. Provenance : 2 km Ouest de Tanema (L = 0°46'; l = 11°56').

n° 525 — microgranite albitique hololeucocrate à hornblende verte et épidote. Provenance : Niogossé (Sud-Est de Korsimogho) (L = 1°3'; l = 12°47').

n° 571 — granite albitisé à muscovite et chlorite. *Provenance* : 5 km W.NW de Massa (L = 1°12'; l = 12°54').

n° 595 — microgranite albitisé à séricite et chlorite. *Provenance* : 4 km Nord de Tampilgha (Boussouma) (L = 1°13'; l = 12°54').

Voici le mode observé de trois de ces roches :

Composition modale

	518		525		571	
	<i>Pourcentage observé</i>	<i>Déviati on standard</i>	<i>Pourcentage observé</i>	<i>Déviati on standard</i>	<i>Po urcentage observé</i>	<i>Déviati on standard</i>
quartz.....	27,7	2,3	41,9	2,0	38,0	2,2
feldspath potassique...	8,0	1,4			57,8	2,2
plagioclase.....	49,2	2,55	52,8	2,0		
muscovite.....	10,6	1,6	—		0,4	0,28
séricite.....	—		2,8	0,7	—	
biotite	2,6	0,8	—		—	
chlorite.....	0,78	0,45	—		0,6	0,35
hornblende verte	—		0,15	0,15	—	
épidote	—		0,3	0,22	—	
mineral.....	0,52	0,37	1,7	0,5	2,0	0,6
sphène.....	0,26	0,26	0,3 (a)	0,22	1,0	0,45
apatite.....	0,26	0,26	—		—	
tourmaline	—		—		0,2	0,2
	99,92		99,95		100,0	
An %	9		7		9	
nbre de points comptés	386		642		505	

(a) leucoxène.

Analyses présentées en pourcentages pondéraux d'oxydes

	517	518	525	571	595
Si O ₂	72,50	71,00	77,52	74,10	75,92
Al ₂ O ₃	15,25	16,10	11,75	11,86	12,48
B ₂ O ₃	—	—	—	traces	—
Fe ₂ O ₃	0,70	0,95	1,55	2,08	3,07
Fe O	0,30	0,60	0,90	1,12	0,72
Mn O	0,11	0,02	0,06	0,06	0,06
Mg O	0,15	0,45	—	0,07	0,26
Ca O.....	1,05	1,35	0,97	1,28	0,55
Na ₂ O	5,50	5,90	5,00	5,55	4,10
K ₂ O.....	3,10	1,95	1,25	0,90	0,75
Ti O ₂	0,05	0,10	0,25	0,50	0,10
P ₂ O ₅	0,24	0,17	0,03	0,05	0,02
H ₂ O ⁺	0,70	1,05	0,50	1,27	1,04
H ₂ O ⁻	0,15	0,15	0,25	0,11	0,10
	99,80	99,79	100,03	98,95	99,17

Paramètres de Niggli

	517	518	525	571	595
<i>al</i>	48,4	48,0	44,4	41,2	46,7
<i>fm</i>	6,0	9,6	12,6	15,6	21,2
<i>c</i>	6,2	7,3	6,7	8,1	3,8
<i>alk</i>	39,4	35,1	36,3	35,1	28,3
<i>si</i>	391,7	359,6	498,3	438,0	483,0
<i>si'</i>	257,6	240,4	245,2	240,4	213,2
<i>qz</i>	134,1	119,2	243,1	197,6	269,8
<i>k</i>	0,28	0,18	0,14	0,10	0,11
<i>mg</i>	0,21	0,35	0,0	0,04	0,12
<i>o</i>	0,48	0,38	0,59	0,59	0,69

Analyses présentées en pourcentages ioniques

	517		518		525		571		595	
		<i>anions</i>		<i>anions</i>		<i>anions</i>		<i>anions</i>		<i>anions</i>
Si	67,45	134,90	66,10	132,20	73,25	146,50	71,00	142,00	73,35	146,70
Al	16,70	25,05	17,65	26,48	13,06	19,59	13,36	20,04	14,20	21,30
Fe ^{III}	0,50	0,75	0,65	0,98	1,10	1,65	1,50	2,25	2,20	3,30
Fe ^{II}	0,22	0,22	0,45	0,45	0,71	0,71	0,90	0,90	0,58	0,58
Mn	0,08	0,08	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Mg	0,20	0,20	0,60	0,60	0,00	0,00	0,10	0,10	0,38	0,38
Ca	1,05	1,05	1,35	1,35	0,98	0,98	1,30	1,30	0,57	0,57
Na	9,90	4,95	10,65	5,33	9,15	4,57	10,30	5,15	7,66	3,83
K	3,70	1,85	2,30	1,15	1,50	0,75	1,10	0,55	0,92	0,46
Ti	0,03	0,06	0,07	0,14	0,18	0,36	0,36	0,72	0,07	0,14
P	0,18	0,45	0,14	0,35	0,02	0,05	0,04	0,10	0,02	0,05
	100,01	169,56	99,98	169,05	100,00	175,21	100,01	173,16	100,00	177,36
OH		4,30		6,50		3,15		8,12		6,70
		173,86		175,55		178,36		181,28		184,06
— O pour OH. . .		2,15		3,25		1,57		4,06		3,35
		171,71		172,30		176,79		177,22		180,71

Composition virtuelle

	517		518		525		571		595	
quartz	26,90		26,10		41,65		36,00		47,70	
albite	46,50		50,00		42,25		47,00		34,75	
anorthite	3,75		5,50		4,65		4,75		2,50	
Total plagioclase		50,25		55,50		46,90		51,75		37,25
orthose	18,25		11,50		7,40		5,25		4,50	
Total feldspath		68,50		67,00		54,30		57,00		41,75
corindon	1,45		2,25		0,45		—		4,00	
Total coupholites		96,35		95,35		96,40		93,00		93,45
Si O ₃ Mg	0,38		1,10		—		—		0,65	
Si O ₃ Fe	0,07		0,20		0,07		—		—	
Total hypersthène		0,45		1,30		0,07		—		0,65
diopside (Si O ₃) ₂ Ca Mg	—		—		—		0,38		—	
wollastonite Si O ₃ Ca	—		—		—		0,32		—	
Total pyroxènes		0,45		1,30		0,07		0,70		0,65
magnétite	1,00		1,40		2,25		2,35		2,20	
hématite	—		—		—		0,45		1,55	
ilménite	0,10		0,15		0,48		0,95		0,20	
Total minéral		1,10		1,55		2,73		3,75		3,95
apatite	0,55		0,40		0,07		0,12		0,05	
Total barylites		2,10		3,25		2,87		4,57		4,65
H ₂ O [±]	0,85		1,20		0,75		1,38		1,14	
	99,80		99,80		100,02		98,95		99,24	
Or/Pl	0,36		0,20		0,16		0,10		0,12	
An (%)	7,5		10		10		9		7	

Paramètres K, N, C (destinés au diagramme triangulaire)

	517	518	525	571	595
K	24,5	15	12	8	10
N	65,5	70	73	77	79
C	10	15	15	15	11

Paramètres de Lacroix :

 n° 517 : I . 4 . 1₍₂₎ . 4

 n° 518 : I . 4 . 1₍₁₎ 2 . 4'

 n° 525 : I . 3' . 1₍₁₎ 2 . 4₍₅₎

 n° 571 : I . 3₍₄₎ . 1₍₁₎ 2 . 4₍₄₎ 5

 n° 595 : I . 3 . 1₍₂₎ . 4₍₄₎ 5

Les roches dont le paramètre r est égal à ₍₁₎ 2 ont été rangées parmi les granites alcalins et non parmi les granites akéritiques parce que leur plagioclase virtuel est l'albite (An 9 ou 10). Sur le plan géologique, d'ailleurs, il est préférable de ne pas séparer une raison de paramètres assez imperceptible, les roches n°s 571 et 595 qui font partie d'un même massif, et les roches n°s 517 et 518 qui constituent des venues similaires (roches à mica blanc du Sud de Ganzourgou).

La roche n° 571 qui contient diopside et wollastonite virtuels pourrait être considérée comme hypocalcique et non hypocalcique, mais, à part le sphène, on n'y observe pas de minéraux calciques au microscope; elles contiennent au contraire muscovite et chlorite en petites quantités.

ANALYSE N° 517 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Sph	Ma	Grenat		Ab	An	Mus	Mic	Q
Si.....	67,45	0,03		0,05	0,20	29,70	1,44	2,25	8,85	24,93
Al.....	17,60			0,03	0,13	9,90	1,44	2,25	2,95	
Fe'''.....	0,50		0,50							
Fe''+Mn.....	0,30		0,25	0,05						
Mg.....	0,20				0,20					
Ca.....	1,05	0,30	0,03				0,72			
Na.....	9,90					9,90				
K.....	3,70							0,75	2,95	
Ti.....	0,03	0,03								
P.....	0,18									
OH.....	2,15							1,50		
quartz.....					24,93					
microcline.....			14,75							
albite.....	49,50	{	Pl = 53,10	{	67,85	Σ éléments blancs = 98,03				
anorthite.....	3,60					Σ barylites = 1,98				
muscovite.....					5,25	microcline = 0,28				
grenats.....	0,66	{	{	{	0,75	plagioclase				
sphène.....	0,09					An (%) = 7				
apatite.....					0,48					
magnétite.....					0,75					
					100,01					

Le grenat observé n'a pas été déterminé; celui qui est calculé ici est du groupe almandin — pyrope — spessartine (non calcique), commun dans les granites et les pegmatites à mica blanc.

La composition du plagioclase (An 7) correspond à ce qui a été observé.

ANALYSE N° 518 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Sph	Ma	An	Ab	Chlo	Bi	Mus	Mic	Q
Si.....	66,10	0,07		2,10	31,95	0,21	0,60	3,45	2,85	24,87
Al.....	17,65			2,10	10,65	0,14	0,35	3,45	0,95	
Fe'''.....	0,65		0,60				0,05			
Fe''+Mn.....	0,45		0,30			0,05	0,10			
Mg.....	0,60					0,30	0,30			
Ca.....	1,35	0,23	0,07	1,05						
Na.....	10,65				10,65					
K.....	2,30						0,20	1,15	0,95	
Ti.....	0,07	0,07								
P.....	0,14	0,14								
OH.....	6,50					0,56	0,20	2,30		
quartz.....					24,87					
microcline.....			4,75							
albite.....		53,25	{	{	63,25	Σ éléments blancs = 96,17				
anorthite.....		5,25				Σ barylites = 3,78				
muscovite.....					8,05	microcline = 0,08				
biotite.....			1,60		2,30	plagioclase				
chlorite.....			0,70			An (%) = 9				
magnétite.....					0,90					
sphène.....			0,21		0,58					
apatite.....			0,37							
					99,95					

La seule indétermination du calcul concerne la chlorite; celle-ci a été calculée conformément à l'observation. Le plagioclase observé (albite An 3) est assez différent de celui qui est calculé ici. Par contre, les rapports $\frac{\text{microcline}}{\text{plagioclase}}$ et $\frac{\text{muscovite}}{\text{biotite}}$ correspondent bien aux observations. On remarque que plus de la moitié des radicaux OH n'ont pas été utilisés.

ANALYSE N° 525 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Sph	TitanoMa	Epi	Hbl	Ab	An	Sér	Or	Q
Si.....	73,25	0,08		0,15	0,07	27,45	1,50	1,20	3,30	39,5
Al.....	13,06			0,10	0,02	9,15	1,50	1,20	1,10	
Fe'''.....	1,10		1,04	0,05						
Fe''+Mn.....	0,76		0,10+0,62		0,04					
Ca.....	0,98	0,03		0,10	0,02		0,75			
Na.....	9,15					9,15				
K.....	1,50							0,40	1,10	
Ti.....	0,18	0,08	0,10							
P.....	0,02									
OH.....	3,15				0,02			0,80		
quartz				39,50						
feldspath potassique.....		5,50								
albite	45,75	49,50		55,00				Σ éléments blancs = 96,95		
anorthite	3,75							Σ barylites = 3,05		
séricite				2,80				$\frac{\text{microcline}}{\text{plagioclase}} = 0,10$		
hornblende verte.....				0,15				$\text{An} (\%) = 8$		
épidote.....				0,40						
titanomagnétite.....				1,86						
sphène		0,24	0,29							
apatite		0,05								
				100,00						

Le feldspath potassique calculé n'a pas été observé; peut-être n'est-il pas maclé? ou est-il contenu dans le plagioclase?

Le sphène calculé ici correspond au leucoxène observé. Par suite de l'absence de Mg, la hornblende calculée ici a une composition assez anormale: $\text{Ca}_2 \text{Fe}_4 (\text{OH})_2 \text{Si}_7 \text{Al}_2 \text{O}_{22}$; comme elle est en très petite quantité nous ne pouvons pas savoir si cette formule correspond à sa composition réelle.

Mais les caractères essentiels de cette roche sont la grande quantité de quartz exprimé (40 %) et la grande quantité de feldspath (albite 52 % en comptant la séricite dont elle est parsemée).

ANALYSE N° 571 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Sph	Ma	Chlo	An	Ab	Mic	Mus	Q
Si.....	71,00	0,36		0,18	1,74	30,90	3,15	0,15	34,52
Al.....	13,36			0,12	1,74	10,30	1,05	0,15	
Fe'''.....	1,50		1,50						
Fe''+Mn.....	0,95		0,75	0,20					
Mg.....	0,10			0,10					
Ca.....	1,30	0,07			0,87				
Na.....	10,30					10,30			
K.....	1,10						1,05	0,05	
Ti.....	0,36	0,36							
P.....	0,04	0,04							
OH.....	8,12			0,48				0,10	

quartz	34,52				microcline	= 0,09
microcline	5,25				plagioclase	
albite ... 51,50	} Pl = 55,85	} F = 61,10			An (%) = 8	
anorthite 4,35					Σ éléments blancs = 95,97	
muscovite	0,35				Σ barylites = 4,04	
chlorite	0,60					
magnétite	2,25					
sphène	1,08					
apatite	0,11					
	100,01					

Le feldspath potassique est encore visible au microscope sous forme de « fantômes » (il est presque complètement albitisé). Les proportions calculées des divers minéraux correspondent à ce qui a été observé.

On remarque que la plus grande partie des radicaux OH calculés n'ont pas été utilisés.

ANALYSE N° 595 Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Chlo	Titanomagnétite	Hém	Ab	An	Séri	Q
Si..... 73,35		0,30			22,98	1,08	5,26	43,73
Al..... 14,20		0,20			7,66	1,08	5,26	
Fe'''..... 2,20			0,74	1,46				
Fe''+Mn..... 0,63		0,12	0,07+0,44					
Mg..... 0,38		0,38						
Ca..... 0,57	0,03					0,54		
Na..... 7,66					7,66			
K..... 0,92							0,92	
Ti..... 0,07			0,07					
P..... 0,02	0,02							
OH..... 6,70		0,80					4,34	
quartz			43,73					
albite	38,30							
anorthite	2,70							
séricite								
chlorite								
titanomagnétite ...	1,32							
hématite	1,46							
apatite			0,05					
			100,00					

La grande quantité de quartz et de plagioclase est un caractère commun avec le microgranite n° 525. Le calcul n'est indéterminé qu'en ce qui concerne la répartition de Fe'' entre la chlorite et le minéral. Le reliquat de 1,56 radicaux OH est en quantité à peu près égale au reliquat de Fe'' compté comme hématite.

La séricite calculée a pour composition : $K_{(1-x)} Al_3 Si_3 O_{10} (OH)_{(2+x)}$, avec $x = 0,475$, ce qui paraît anormal; toutefois M. ARNOULD (communication orale) affirme avoir observé en Côte-d'Ivoire la présence de séricite aussi pauvre en potassium dans des roches ayant subi une métasomatose.

COMPARAISON AVEC D'AUTRES GRANITES HYPOCALCIQUES D'AFRIQUE OCCIDENTALE.

Nature et provenance des analyses citées.

Les exemples de granites hypocalciques analogues à ceux que nous venons d'étudier ne sont pas très nombreux dans la littérature pétrographique de l'Ouest africain (où abondent, par contre, les descriptions de roches hypoalumineuses et hyperalcalines). Cependant, nous pouvons citer cinq exemples :

n° 356 — microgranite alcalin.

Provenance : Sud-Est de Koissi Ndawa (cercle de Bondoukou. — Côte-d'Ivoire.) — in D. SOULÉ DE LAFONT (1955), p. 157.

n° 900 — granite alcalin à biotite (fluorine et zircon).

Provenance : Fita (Sud-Est de Savalou, Dahomey). — in R. PUGNET (1955), p. 157.

n° 1540 — granite alcalin à biotite (fluorine et zircon), finement grenu.

Provenance : L = 8°39'W; I = 23°31' N (Mauritanie). — in G. ROCCI (1955), p.280.

n° 1732 — granite alcalin à muscovite.

Provenance : Thalebyate (Mauritanie). in G. ROCCI, p. 281.

n° 1987 — microgranite alcalin.

Provenance : monts Nguinfiguilé (Côte-d'Ivoire) — in M. ARNOULD (1960).

On remarquera en particulier l'analogie entre les compositions des microgranites n°s 356 (Koissi Ndawa) et 525 (Niogossé), ainsi qu'entre les granites n°s 900 et 1540 et ceux d'Aribinnda-Guesselna (n°s 655, 659 et 858) qui ont une composition minéralogique très voisine; le granite de Mauritanie (n° 1540) présente en commun avec celui d'Aribinnda la particularité d'être presque dépourvu de perthite.

Rappelons aussi le granite de Massigui (n° 5089), précédemment cité (p. 227), qui se situe à la limite des granites alcalins et des granites monzonitiques. Sa composition minéralogique est très voisine de celle des granites d'Ibi (n° 329) et de Rio-Réga.

Analyses présentées en pourcentages pondéraux d'oxydes

	356	900	1 540	1 732	1 987
Si O ₂	77,85	73,10	73,90	73,70	65,89
Al ₂ O ₃	12,00	12,10	14,00	14,70	17,90
Fe ₂ O ₃	1,60	2,95	1,05	0,90	2,20
Fe O	0,35	1,45	0,35	0,60	1,45
Mn O	—	0,02	0,12	0,04	0,07
Mg O	0,20	0,10	0,05	0,05	0,48
Ca O	0,70	0,30	0,25	0,60	1,20
Na ₂ O	5,60	4,00	5,65	4,05	4,70
K ₂ O	1,40	4,95	3,75	4,75	5,00
Ti O ₂	0,15	0,35	0,15	0,20	0,41
P ₂ O ₅	—	traces	0,04	0,16	0,15
H ₂ O ⁺	0,45	0,35	0,35	0,50	0,94
H ₂ O ⁻	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15
	100,40	99,72	99,71	100,35	100,54

Paramètres de Niggli

	356	900	1 540	1 732	1 987
al	44,3	39,6	46,8	49,4	46
fm	11,2	19,3	7,1	7,3	16
c	4,8	1,6	1,5	3,7	5
alk	39,4	39,3	44,6	39,6	33
si	484	406,6	419	420,5	283
si'	257,6	257,2	278,4	258,4	232
qz	226,4	149,4	140,6	162,1	51
k	0,14	0,45	0,30	0,44	0,41
mg	0,16	0,04	0,06	0,06	0,20

Composition virtuelle

	356		900		1 540		1 732		1 987	
quartz	38,15		30,35		26,15		31,05		16,45	
albite	47,35		33,75		47,75		34,25		39,75	
anorthite	3,50		0,50		1,00		2,00		5,00	
Total plagioclase.....		50,85		34,25		48,75		36,25		44,75
orthose	8,25		29,25		22,25		28,00		29,50	
Total feldspaths.....		59,10		63,50		71,00		64,25		74,25
corindon.....	—		—		0,25		2,20		2,95	
Total coupholites.....		97,25		93,85		97,40		97,50		93,65
Si O ₃ Mg.....	0,50		—		0,10		0,10		1,20	
Si O ₃ Fe.....	—		—		—		0,10		0,30	
Total hypersthène.....		0,50		—		0,10		0,20		1,50
Diopside (Si O ₃) ₂ Ca Mg.	—		0,55		—		—		—	
wollastonite.....	—		0,15		—		—		—	
Total pyroxènes.....		0,50		0,70		0,10		0,20		1,50
magnétite	0,70		3,75		1,10		1,30		3,20	
hématite	1,12		0,35		0,30		—		—	
ilménite	0,28		0,65		0,30		0,40		0,76	
Total minéral.....		2,10		4,75		1,70		1,70		3,96
apatite	—		—		0,10		0,35		0,34	
Total barylites.....		2,60		5,45		1,90		2,25		5,80
H ₂ O ⁺	0,55		0,40		0,40		0,60		1,09	
	100,40		99,70		99,70		100,35		100,54	
Or/Pl	0,16		0,85		0,45		0,77		0,66	
An (%)	7		1,5		2		5,5		11	

Paramètres de Lacroix

 n° 356: I. 3₍₄₎. 1₍₂₎. 4₍₅₎

n° 900: I. 4'. 1. 3

n° 1540: I. 4. 1. 4

n° 1372: I. 4'. 1. 3'

 n° 1987: I. 4'. 1₍₂₎. 3'

Paramètres K, N, C (destinés au diagramme triangulaire)

	356	900	1 540	1 732	1 987
K	13	44,3	29,5	41	36
N	77	54,4	68	53	52
C.....	10	1,3	2,5	6	12

On remarque que le granite de Fita, cité ici (n° 900), est à la fois hypocalcique et hypoalumineux. Cette particularité l'apparente à certains granites alcalins de Nigéria. (fig. 37).

Variations des paramètres de Niggli.

Portons sur un même diagramme (fig. 38) les quatre paramètres fondamentaux des dix roches hypocalciques de Haute-Volta et ceux des cinq roches citées à titre de comparaison. Nous constatons que pour si compris entre 280 et 500, les quatre paramètres varient dans des limites assez étroites :

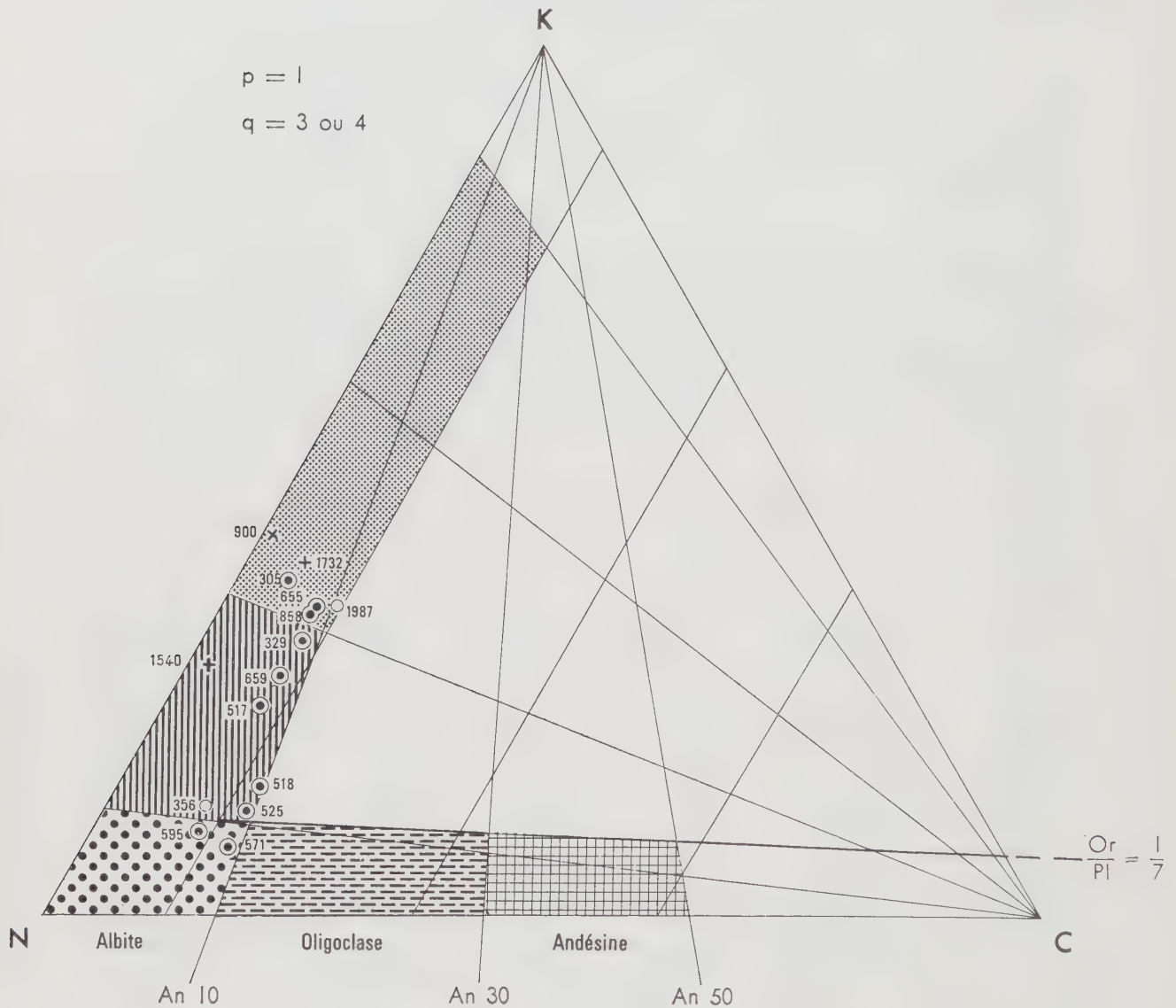
al est toujours compris entre 40 et 51.

c est toujours inférieur à 9.

alk est toujours compris entre 28 et 45 (et, dans 13 cas sur 15, *alk* est compris entre 33 et 41); seul, *fm* a des variations assez irrégulières (entre 4 et 22).

Granites alcalins hypocalciques

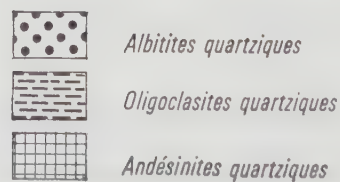
Diagramme de composition des feldspaths



Granites alcalins



Plagioclisolites quartziques



- ⊙ *Roches de Haute-Volta*
- *Roches de Côte d'Ivoire*
- ⊕ *Roches de Mauritanie*
- × *Roches du Dahomey*

Fig. : 37

Granites sodiques et sodi-potassiques

Variations des paramètres de Niggli

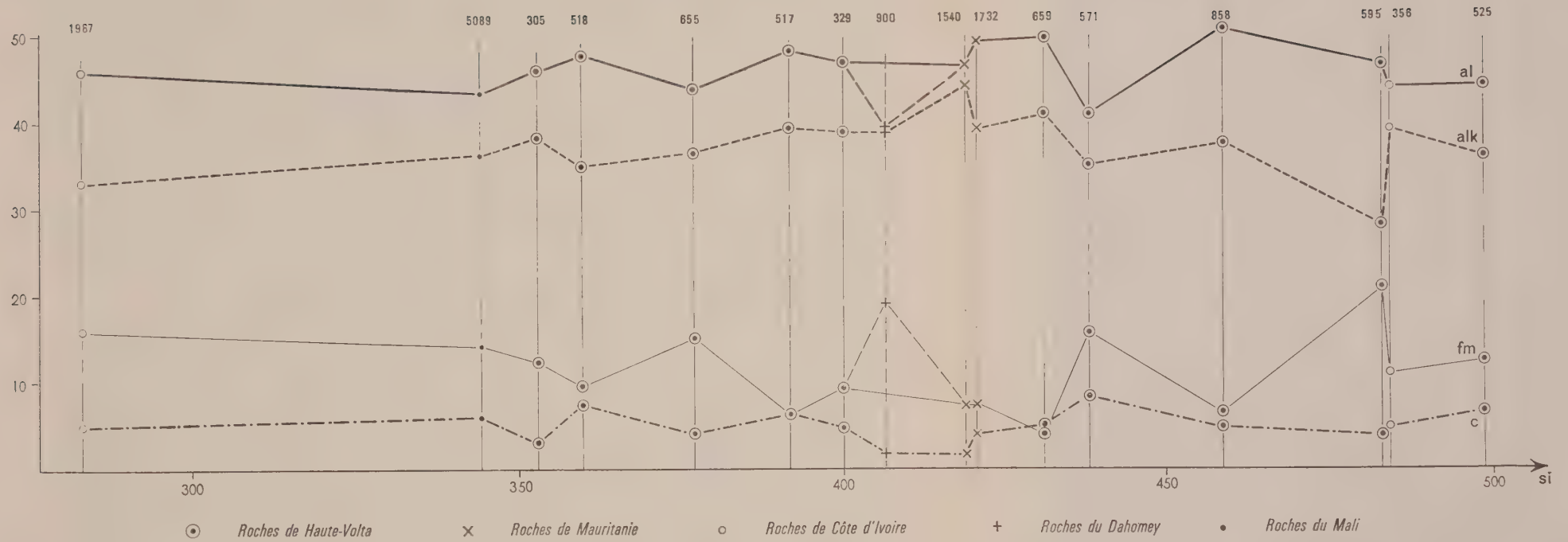


Fig. : 38

A l'exception du granite de Fita, l'introduction de roches étrangères parmi les roches de Haute-Volta n'amène pas de variations aberrantes des paramètres; au contraire, d'après le diagramme de Niggli, tous nos granites ont un « air de famille ».

Le granite de Massigui (n° 5089), précédemment cité parmi les granites monzonitiques, pourrait aussi bien trouver sa place ici.

Granites et syénites hypoalumineux

Nature et provenance des échantillons analysés.

n° 294 — granite alcalin porphyroïde à hornblende verte.

Provenance : entre Silmidougou et Yabo (canton de Mané). (L = 1°27'; l = 13°0').

n° 534 — syénite orthosi-albitique à ægyrine-augite, kataphorite et biotite (sphène, zircon, apatite, fluorine).

Provenance : 3 km Est d'Ouin (Petite Suisse) (L = 0°58'; l = 12°22').

n° 540 bis — syénite orthosique à augite ægyrinique et biotite.

Provenance : entre Tanguin et Tanségba (canton de Zoungou, Ganzourgou) (L = 0°33'; l = 12°7').

n° 589 — syénite hyperalcaline à augite ægyrinique, orientée.

Provenance : Lelkom (Sud-Est d'Yabo) (L = 1°27'; l = 12°56').

n° 602 — granite alcalin à augite ægyrinique et riébeckite.

Provenance : 2,4 km N. NW d'Yammané (massif de Sadba) (L = 1°20'; l = 12°49').

Voici la composition modale de trois de ces roches :

Composition modale

	534		589		603	
	<i>Pourcentage observé</i>	<i>Déviati on standard</i>	<i>Pourcentage observé</i>	<i>Déviati on standard</i>	<i>Pourcentage observé</i>	<i>Déviati on standard</i>
quartz et feldspaths in-						
déterminés.	6,55	1,0	73,7	2,3	—	
quartz.	2,25	0,6	—		16,0	1,4
feldspath indéterminé. . .	—		—		16,75	1,4
perthite.	—		—		40,4	1,85
microcline.	39,35	1,95	—		13,0	1,3
plagioclase.	42,9	2,0	—		9,6	1,1
pyroxène.	5,75	0,95	24,75	2,25	1,7	0,5
biotite.	0,95	0,4	—		—	
chlorite.	—		—		+	
kataphorite.	1,3	0,45	—		—	
riébeckite.	—		—		0,14	0,14
mica blanc.	—		—		1,0	0,4
sphène.	+		0,8	0,5	0,85	0,35
fluorine.	0,32	0,23	—		+	
calcite.	—		0,25	0,25	0,56	0,28
minéral.	0,65	0,3	0,5	0,4	0,14	0,14
apatite.	+		+			
	100,02		100,00		100,14	
An (%)	5		4		2	
nombre de points comptés	625		376		708	

Présentation des analyses en pourcentages pondéraux d'oxydes

	294	534	540 bis	589	602
Si O ₂	68,00	64,38	55,05	61,90	70,70
Al ₂ O ₃	14,45	15,94	14,13	13,95	14,30
Fe ₂ O ₃	2,60	2,28	4,00	5,50	0,85
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	0,05
Fe O	0,95	1,08	2,12	2,97	0,80
Mn O	0,10	0,06	0,12	0,30	0,05
Mg O	1,45	1,30	5,42	0,62	0,75
Ca O	2,05	2,30	6,46	4,60	1,35
Na ₂ O	6,50	6,55	3,95	8,35	6,55
K ₂ O	3,10	4,75	5,70	0,70	3,10
Li ₂ O	—	—	—	—	0,02
Ti O ₂	0,30	0,20	0,80	0,50	0,40
P ₂ O ₅	0,20	0,19	0,74	0,06	0,06
F	—	—	—	—	0,10
H ₅ O ⁺	0,35	0,64	0,83	0,60	0,60
H ₅ O ⁻	0,30	0,03	0,10	0,10	0
	100,35	99,70	99,42	100,15	99,68

Présentation des analyses en « pourcentages ioniques »

	294		534		540 bis		589		602	
		anions		anions		anions		anions		anions
Si	62,35	124,70	58,93	117,86	51,10	102,20	57,00	114,00	65,10	130,20
Al	15,56	23,34	17,17	28,11	15,42	23,13	15,15	22,70	15,50	23,25
Fe ^{'''}	1,75	2,63	1,57	—	2,80	4,20	3,80	5,70	0,60	0,90
Cr ^{'''}	—	—	—	—	—	—	—	—	0,04	0,06
Fe ^{''}	0,73	0,73	0,82	0,82	1,65	1,65	2,30	2,30	0,60	0,60
Mn	0,08	0,08	0,05	0,05	0,09	0,09	0,25	0,25	0,04	0,04
Mg	2,00	2,00	1,77	1,77	7,50	7,50	0,85	0,85	1,05	1,05
Ca	2,00	2,00	2,25	2,25	6,43	6,43	4,55	4,55	1,35	1,35
Na	11,55	7,60	11,60	5,80	7,10	3,55	14,90	7,45	11,70	5,85
K	3,65	—	5,55	2,78	6,75	3,38	0,80	0,40	3,65	—
Li	—	—	—	—	—	—	—	—	0,07	1,86
Ti	0,21	0,42	0,14	0,28	0,56	1,12	0,35	0,70	0,27	0,54
P	0,15	0,38	0,15	0,38	0,58	1,45	0,04	0,10	0,04	0,10
	99,99	163,88	100,00	160,10	99,98	154,70	99,99	159,00	100,01	165,80
F	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,30
OH	—	2,15	—	3,90	—	5,00	—	3,70	—	3,70
	—	166,03	—	164,00	—	159,70	—	162,70	—	169,80
—O pour F et OH	—	1,08	—	1,95	—	2,50	—	1,85	—	2,00
	—	164,95	—	162,05	—	157,20	—	160,85	—	167,80

Composition virtuelle

	294		534		540 bis		589		602	
quartz	14,10		4,00		—		4,95		18,30	
albite.....	55,00		55,40		26,80		67,85		55,40	
anorthite.....	1,10		0,10		3,90		—		0,50	
Total plagioclase.		56,10		55,50		30,70		67,85		55,90
orthose.....	18,30		28,00		33,75		4,15		18,30	
Total feldspaths.		74,40		83,50		64,45		72,00		74,20
néphéline.....	—		—		3,60		—		—	
Total coupholites.		88,50		87,50		68,05		76,95		92,50
ægyrine	—		—		—		2,45		—	
enstatite	0,80		—		—		—		0,20	
diopside										
(Si O ₃) ₂ Ca Mg .	6,00		7,00		18,15		3,30		3,60	
hedenbergite										
(Si O ₃) ₂ Ca Fe .	—		—		—		2,50		0,35	
wollastonite	—		0,45		—		6,40		—	
Total pyroxènes.		6,80		7,45		18,15		14,65		4,15
forstérite.....	—		—		3,55		—		—	
magnétite	2,50		3,07		4,90		6,75		1,23	
hématite	0,88		0,15		0,60		—		—	
chromite	—		—		—		—		0,07	
ilménite	0,57		0,38		1,50		0,95		0,75	
Total minéral...		3,95		3,60		7,00		7,70		2,05
fluorine	—		—		—		—		0,21	
apatite.....	0,45		0,45		1,75		0,14		0,14	
Total barylites ..		11,20		11,50		30,45		22,49		6,55
H ₂ O [±]	0,65		0,67		0,93		0,70		0,60	
	100,35		99,67		99,43		100,14		99,65	
Or/Pl	0,25		0,50		1,1		0,06		0,33	
An (%)	2		0,2		13		0		1	

Paramètres de Lacroix

n° 294 : I_(II). 4'. 1. 4 [2₍₃₎. 1. (2)3.] n° 534 : I_(II). 5. 1.4 [2'. 1. 3.2']
 n° 540 bis : II. 5. 1₍₂₎. 3 [2. '2. (2)3.2] n° 589 : II. '5. 1. 5 [2'. 1. 3.4₍₅₎]
 n° 602 : I'. 4. 1. 4 [2'. 1. 3.(2)3]

L'olivine et la néphéline qui apparaissent dans la composition virtuelle de la syénite n° 540 bis (Zoungou - Tanségha) ne correspondent pas à des minéraux observés : dans cette roche, le déficit de silice s'exprime par la présence d'augite au lieu d'anorthite et d'ægyrine au lieu d'albite.

Deux de nos roches (nos 534 et 589) sont des syénites quartzifères; les deux autres sont des granites dont le quartz n'est pas très abondant.

Par suite de l'insuffisance d'alumine, la chaux qui n'est pas utilisée pour la formation d'anorthite apparaît sous forme de pyroxène calco-magnésien (et, exceptionnellement, de wollastonite) cependant que le pyroxène purement magnésien est rare ou absent.

On remarque l'abondance de la magnétite virtuelle. Dans toutes les roches sauf le n° 294, une grande partie ou la totalité du fer ferrique contribue à la formation de l'ægyrine observée.

Par suite de la présence de néphéline virtuelle, le plagioclase An 13 de la syénite de Zoungou renseigne très mal sur la composition réelle de la roche : le plagioclase réel est une albite beaucoup moins calcique.

Paramètres de Niggli

	294	534	540 bis	589	602
<i>al</i>	35,5	36,3	23,3	27,9	40,7
<i>fm</i>	20,7	17,9	36,3	26,4	11,9
<i>c</i>	9,2	9,5	19,4	16,7	7,0
<i>alk</i>	34,6	36,3	21,0	29,0	40,4
<i>si</i>	284,5	249,3	154,4	210	341,6
<i>si'</i>	238,4	245,2	—	—	261,6
<i>qz</i>	46,1	4,1	—	—	80
<i>k</i>	0,24	0,32	0,49	0,05	0,24
<i>mg</i>	0,44	0,42	0,62	0,12	0,45
<i>o</i>	0,39	0,37	0,23	0,53	0,26

Si l'on se reporte sur un même diagramme (fig. 39) les quatre paramètres principaux en fonction de *si*, on constate que les courbes (*al*) et (*alk*) sont très voisines et assez régulièrement croissantes, cependant que les courbes (*fm*) et (*c*) sont décroissantes.

Paramètres K, N, C

	294	534	540 bis	589	602
K	23,5	32	44	5	24
N	74	68	46	95	75
C	2,5	0	10	0	1

ANALYSE N° 294

Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Il	Sér	Mic	Hbl	Ab	An	Q	restes
Si	62,35		0,15	10,8	3,64	33,09	0,40	14,27	
Al	15,56		0,15	3,6	0,38	11,03	0,40		
Fe'''	1,75				0,14				1,61
Fe'' + Mn	0,81	0,21			0,60				
Mg	2,00				2,00				
Ca	2,00	0,25			1,04		0,20		0,51
Na	11,55				0,52	11,03			
K	3,65		0,05	3,6					
Ti	0,21	0,21							
P	0,15	0,15							
OH	2,15		0,10		1,04				

quartz	14,27	Σ éléments blancs = 88,77	
microcline	18,00	Σ barylites = 8,74	
albite	55,15	} 74,15	microcline
anorthite	1,00		plagioclase
séricite	0,35		An (%) = 2
hornblende	8,32		
ilménite	0,42		
apatite	0,40		
	97,91		
reste Fe'''	1,61		
reste Ca	0,51		
	100,03		

Marche du calcul : après le décompte de l'apatite et de l'ilménite, une petite quantité de K est réservée pour la séricite, le reste est calculé en microcline. La hornblende calculée (pauvre en Al) a pour composition:

Roches hypoalumineuses et hyperalcalines de Haute-Volta

Variations des paramètres de Niggli

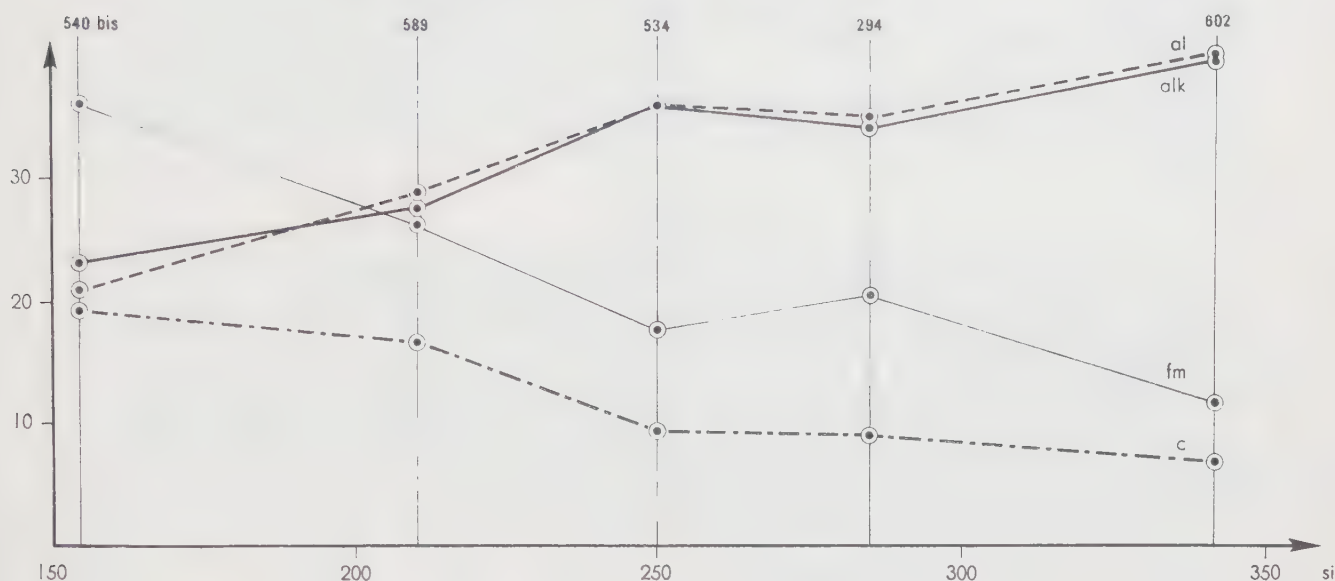


Fig. : 39

Na Ca₂ (Mg,Fe'')₅ (OH)₂ Si₇ Al O₂₂. La totalité de (Fe''+Mg) étant affectée à la hornblende, Ca, Na et (Al + Fe''') se trouvent ainsi déterminés.

Na restant est compté en albite. Al restant est compté en anorthite. Il reste 0,51 Ca qui correspond à la calcite observée et 1,61 Fe''' qui est peut-être sous forme de titanohématite.

On peut estimer que, dans la roche, le tiers ou la moitié de l'albite se trouve dans la perthite et non dans le plagioclase.

N° 534 Composition équivalente.

Par suite de la variété des minéraux présents dans cette roche (augite, ægyrine, plagioclase, kataphorite, sphène, fluorine, etc...) il n'a pas été possible de rechercher la composition équivalente d'après les minéraux observés. (En outre, la fluorine a été observée, mais le fluor n'a pas été dosé).

ANALYSE N° 540 bis

Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Sph	Aeg	Ab	Augite				Bi	Mic
					Diop	Héd	Cl-En	Alum		
Si.....	51,10	0,56	5,6	12,9	7,2	2,6	2,0		3,51	16,74
Al.....	15,42			4,3				3,20	2,34	5,58
Fe'''.....	2,80		2,8							
Fe''+Mn..	1,74					1,3			0,44	
Mg.....	7,50				3,6		2,0		1,90	
Ca.....	6,43	0,97	0,56		3,6	1,3				
Na.....	7,10		2,8	4,3						
K.....	6,75								1,17	5,58
Ti.....	0,56	0,56								
P.....	0,58	0,58								
OH.....	5,00								1,17	

microcline.....	27,9	} F = 49,4		Σ feldspaths = 49,40
albite.....	21,5			Σ barylites = 50,59
diopside.....	14,4			microcline
hédénbergite.....	5,2	} augite 26,8		albite = 1,30
clinoenstatite.....	4,0			
alumine.....	3,2			
aëgyrine.....			11,2	
biotite.....			9,36	
sphène.....			1,68	
apatite.....			1,55	
			99,99	

Les proportions calculées d'éléments blancs et de barylites (environ 50 % chacun) sont conformes à l'observation (alors que la composition virtuelle faisait apparaître 68 % de coupfolites).

Pour simplifier le calcul, la totalité du fer ferrique a été attribuée à l'aëgyrine et il n'y en a pas dans la biotite; cette hypothèse est certainement trop schématique.

L'augite a pour composition $m(\text{Ca Mg Si}_2\text{O}_6) + n(\text{Ca Fe Si}_2\text{O}_6) + p(\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6) + q(2\text{Al}_2\text{O}_3)$, avec $m = 0,54$; $n = 0,19$; $p = 0,15$; $q = 0,12$, soit, approximativement : $\text{Ca}_{0,73}\text{Mg}_{0,84}(\text{Fe}'')_{0,19}\text{Al}_{0,48}\text{Si}_{1,75}\text{O}_6$.

Le pyroxène total est composé de 30 % d'aëgyrine et 70 % d'augite. Etant donnée son abondance dans la roche, les causes d'indétermination sur sa composition ne jouent que dans une faible mesure, et nous pouvons admettre que ceci correspond à peu près à sa composition réelle.

Le rapport $\frac{\text{Mg}}{\text{Fe}''}$ est égal à 4,3, aussi bien dans l'augite que dans la biotite.

Les trois-quarts des radicaux OH calculés n'ont pas été utilisés.

ANALYSE N° 589

Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Sph	Diallage		An	Mic	Ab	Aeg	Hém	Q
			Diop	Héd						
Si..... 57,00		0,35	1,70	5,10	1,45	2,4	38,7	4,0		3,3
Al..... 15,15					1,45	0,8	12,9			
Fe''..... 3,80								2,0	1,8	
Fe'' + Mn.. 2,55				2,55						
Mg..... 0,85			0,85							
Ca..... 4,55	0,07	0,35	0,85	2,55	0,73					
Na..... 14,90							12,9	2,0		
K..... 0,80						0,8				
Ti..... 0,35		0,35								
P..... 0,04	0,04									

quartz.....					3,3				Σ éléments blancs = 75,43
albite..... 64,50	} Pl = 68,13								Σ barylites = 24,54
anorthite..... 3,63									microcline
microcline.....			4,00						plagioclase = 0,06
aëgyrine.....			8,00						An = (5 %)
diopside..... 3,4	} P = 21,6		13,6						
hédénbergite..... 10,2									
hématite.....									1,8
sphène.....									1,05
apatite.....									0,11
									99,99

Le plagioclase calculé est très voisin du plagioclase observé (albite An 4). On remarque la rareté du quartz et du microcline; celui-ci n'est pas perthitisé.

Le pyroxène calculé est composé de 37 % d'ægryrine et 63 % d'un diallage comprenant lui-même 1/4 diopside et 3/4 hédénbergite. Il n'est pas alumineux.

On remarque la ressemblance entre cette composition équivalente et la composition virtuelle donnée plus haut; ceci est assez exceptionnel.

Les radicaux OH, au nombre de 3,70 n'ont pas été utilisés. Il est d'ailleurs assez paradoxal de trouver 0,60 % d'eau de constitution dans une roche dont tous les minéraux observés sont anhydres.

ANALYSE N° 602

Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Il	Sph	Fl	Lépi	Mic	Bi	Chl	Rié	Æg	Ab	An	Diop	Héd	Ens	Q
													Augite			
Si	65,10		0,20		0,18	10,56	0,24	0,09	0,50	0,84	33,24	0,58	0,66	0,74	0,51	16,76
Al	15,50				0,12	3,52	0,14	0,06			11,08	0,58				
Fe ^{III} + Cr ^{III}	0,64						0,02		0,20	0,42						
Fe ^{II} + Mn	0,64	0,07					0,05	0,05	0,10					0,37		
Mg	1,05						0,11	0,10							0,51	
Ca	1,35	0,07	0,20	0,09								0,29	0,33	0,37		
Na	11,70								0,20	0,42	11,08					
Li + K	3,72				0,12	3,52	0,08									
Ti	0,27	0,07	0,20													
P	0,04	0,04														
F	0,30			0,18	0,12											
OH	3,70						0,08	0,24								

quartz	16,76															
albite	55,40	{	Pl = 56,85	{	F = 74,45											
anorthite	1,45															
microcline	17,60															
diopside	1,32	{	augite 3,82	{	P = 5,50											
hédénbergite ...	1,48															
enstatite	1,02															
ægryrine	1,68															
riébeckite	1,00															
biotite	0,64															
chlorite	0,30															
ilménite	0,14															
sphène	0,60															
apatite	0,11															
lépidolite	0,42															
fluorine	0,09															
	100,01															

Σ éléments blancs = 91,21

Σ barylites = 8,80

microcline
plagioclase = 0,31

An (%) = 2,5

La répartition a été faite en admettant la présence de lépidolite, ainsi que nous l'avons supposé plus haut (p. 161); ce minéral a été calculé en tenant compte d'un rapport moléculaire $\frac{\text{Li}}{\text{K}}$ voisin de 1,5 (1). Si l'on néglige la lépidolite, les résultats ne sont que peu modifiés : fluorine 0,15; anorthite 1,15; microcline 18,20; quartz 16,70; les autres minéraux sans changement.

Mise à part la présence ou l'absence de lépidolite, il existe de nombreuses causes d'indétermination :

Répartition de K entre la biotite et la microcline,
 de Na entre la riébeckite, l'ægyrine et l'albite,
 de Ca entre le pyroxène et le plagioclase,
 de Ti entre le sphène et l'ilménite,
 de Fe''' entre la riébeckite et l'ægyrine, etc...

Aussi la composition donnée ci-dessus, calculée de façon à coïncider le plus possible avec l'observation, doit-elle être considérée comme *vraisemblable* mais non comme *probable*.

L'augite calculée a pour composition :

$m (\text{Si}_2 \text{O}_6 \text{ Ca Mg}) + n (\text{Si}_2 \text{O}_6 \text{ Ca Fe}''') + p (\text{Si}_2 \text{O}_6 \text{ Mg}_2)$, avec $m = 0,34n = 0,39p = 0,27$, soit approximativement : $\text{Ca}_{0,73} \text{Mg}_{0,88} \text{Fe}_{0,39} \text{Si}_2 \text{O}_6$; elle n'est pas alumineuse; elle entre pour 70 % dans la composition du pyroxène total qui comprend également 30 % d'ægyrine.

Dans la roche, la plus grande partie des feldspaths est sous forme de perthite; celle-ci comprend plus d'albite que de microcline.

COMPARAISON AVEC D'AUTRES ROCHES HYPOLUMINEUSES DE L'OUEST AFRICAÏN

Par suite de leur intérêt métallogénique, les roches alcalines et hyperalcalines ont fait l'objet d'études disproportionnées avec l'étendue qu'elles occupent sur le terrain; aussi nous disposons de nombreuses descriptions et analyses de roches provenant des pays voisins de la Haute-Volta. Puisqu'il faut faire un tri, nous nous bornerons à citer :

n° 2 — granite hyperalcalin à riébeckite et ægyrine.

Provenance : Liruei Hills (Nigéria). — in R.R.E. JACOBSON (1947).

n° 341 — granite alcalin à hornblende verte.

Provenance : sources du Banlou (réserve de Bouna). — in M. ARNOULD (1961).

n° 1183 — microgranite à ægyrine.

Provenance : entre Ouanangakaha et Kogbala (Côte-d'Ivoire). — in M. ARNOULD (1961).

n° 1786 — syénite quartzifère à ægyrine - augite.

Provenance : Ninakri (Côte-d'Ivoire). — in A. LACROIX, cité par L. BODIN (1951).

A — granite hyperalcalin à riébeckite.

Provenance : Zinder (Niger). — in E. JÉRÉMINE (1942), citée par P. KOCH (1959).

B — moyenne de huit analyses de syénites et microsyénites.

Provenance : système des dykes de la Binnda (Côte-d'Ivoire). — in D. SOULÉ DE LAFONT (1955).

On remarquera, en particulier, l'analogie entre les compositions des roches :

n° 294 (Silmidougou) et 341 (sources du Banlou),

n° 2 (Liruei Hills), 602 (Yammané-Sadba) et A (Zinder),

n° 534 (Ouin) et 1786 (Ninakri),

n° 540 bis (Zoungou-Tanségba) et B (Binnda).

1. Voir A. LACROIX (1922), tome I, p. 476.

Il existe également de nombreuses roches alcalines et hyperalcalines en Mauritanie du Nord (G. ROCCI, 1955) et dans l'Adrar des Iforas (R. KARPOFF, 1960), mais, d'après les descriptions données par les auteurs, elles ne présentent pas beaucoup de ressemblances avec les roches de Haute-Volta : ce sont en général des granites riches en silice, ou, au contraire, des syénites présentant un net déficit de silice. Les roches de Haute-Volta sont intermédiaires entre ces deux types et, en outre, sont plus sodiques. Le granite du Tarraouadji, décrit par G. ROCCI (1960) et les granites alcalins de Nigéria, de Zinder et de l'Aïr présentent une structure anulaire, ce qui les distingue de ceux de Haute-Volta; ils sont caractérisés, en outre, par l'altération (kaolinique?) du microcline de la perthite.

Présentation des analyses en pourcentages pondéraux d'oxydes

	2	341	1183	1786	A	B
Si O ₂	73,59	68,36	71,40	68,68	76,34	61,00
Al ₂ O ₃	12,50	13,75	13,50	16,67	9,57	16,90
Fe ₂ O ₃	2,04	1,16	1,85	1,67	2,17	3,42
Fe O.....	1,12	1,10	0,85	0,84	2,35	2,14
Mn O.....	0,04	0,03	0,04	0,11	0,07	0,08
Mg O.....	0,07	1,14	0,30	0,61	traces	1,33
Ca O.....	1,22	2,50	1,40	1,28	0,54	1,62
Na ₂ O.....	4,56	4,45	4,70	6,39	3,59	5,68
K ₂ O.....	5,05	5,20	4,90	4,74	4,63	5,90
Ti O ₂	0,22	0,60	0,28	0,26	0,36	0,67
P ₂ O ₅	0,02	0,41	0,01	0,14	traces	0,09
H ₂ O ⁺	0,09	0,80	1,30	0,34	0,43	0,84
H ₂ O ⁻	0,12	0,15	0,05	0,28	0,10	0,23
	100,64	99,65	100,58	100,01	100,15	99,90

Paramètres de Niggli

	2	341	1183	1786	A	B
al.....	39	37	40	42,0	34,6	36,4
fm.....	14	16	13	12,7	22,4	23,4
c.....	7	12	8	5,9	3,0	6,4
alk.....	40	35	39	39,4	39,4	33,8
si.....	389	313	365	285,4	468,3	223
si'.....	257	240	256	257,6	243,2	—
qz.....	132	73	109	27,8	225,1	—
k.....	0,42	0,43	0,41	0,32	0,46	0,14
mg.....	0,04	0,48	0,17	0,30	0,0	0,31
o.....	0,59	0,25	0,30	0,42	0,45	0,40

Composition virtuelle (1)

	2	341	1 183	1 786	A	B
quartz	26,60	18,30	23,10	8,70	37,00	1,10
albite	36,25	37,60	39,75	54,00	23,50	48,00
anorthite	—	2,20	1,25	2,80	—	3,25
Total plagioclase ..	36,25	39,80	41,00	56,80	23,50	51,25
orthose	29,75	30,75	29,00	28,00	27,30	34,85
Total feldspaths...	66,00	70,55	70,00	84,80	50,80	86,10
Total coupholites..	92,60	88,85	93,10	93,50	87,80	87,20
ægyrine	2,10	—	—	—	6,15	—
Si O ₃ Mg	—	0,25	—	0,56	—	1,85
Si O ₃ Fe	—	—	—	—	2,55	0,10
Total hypersthène..	—	0,25	—	0,56	2,55	1,95
(Si O ₃) ₂ Ca Mg ...	0,38	5,55	1,62	2,05	—	3,15
(Si O ₃) ₂ Ca Fe ...	1,28	0,25	—	—	2,40	0,10
Total diopside....	1,66	5,80	1,62	2,05	2,40	3,25
wollastonite.....	1,66	—	1,48	—	—	—
Total pyroxènes...	5,42	6,05	3,10	2,61	11,10	5,20
magnétite	1,90	1,70	2,05	2,32	0,07	4,95
hématite	—	—	0,45	0,07	—	—
ilménite	0,42	1,15	0,55	0,50	0,68	1,25
Total minéral.....	2,32	2,85	3,05	2,89	0,75	6,20
apatite	0,05	1,00	—	0,35	—	0,21
Total barylites....	7,79	9,90	6,15	5,85	11,85	11,61
H ₂ O [±]	0,21	0,95	1,35	0,62	0,53	1,07
	100,60	99,70	100,60	99,97	100,18	99,88
Or/Pl	0,82	0,77	0,71	0,49	1,16	0,68
An (%)	0	5,5	3	5	0	6

Paramètres de Lacroix :

n° 2 : 1'.4.1.3'

 n° 341 : I_(II).4.1.3'. [1.3.2₍₃₎]

n° 1183 : 1.4.1.3'

 n° 1786 : I₍₄₎.5.1.'4

 n° A : I_(II).3'.1.3[1.1.₍₁₎2.5]

 n° B : I_(II).5.1'3'.]3.1.2.3]

Variations des paramètres de Niggli.

Si l'on porte sur un même diagramme (fig. 40) en fonction de si les quatre paramètres principaux des roches que nous venons de citer et ceux des cinq roches de Haute-Volta que nous avons étudiées précédemment, on constate que, de part et d'autre de la région $si = 280$ à 320 , les paramètres ont un comportement différent :

1. Rappelons que la composition virtuelle et la décomposition en minéraux observés sont deux modes de calcul tout à fait différents et qui répondent à des buts différents :

La décomposition (équivalente, pondérale ou volumétrique) en minéraux observés a pour but de reconstituer la roche telle qu'elle se présente; pour la calculer, il n'y a pas de méthode universelle, et, hormis quelques cas favorables, il faut toujours opérer par tâtonnements.

Le calcul de la composition virtuelle, au contraire, obéit à des règles précises, établies par ses auteurs (CIPW, 1903); il permet de déterminer, au moyen des paramètres, la position de la roche dans la classification; en outre, on peut comparer plusieurs roches au moyen des minéraux virtuels, plus facilement que par l'examen direct des pourcentages d'oxydes.

Il ne faut donc pas, en modifiant les règles du calcul, chercher à faire apparaître dans la composition virtuelle les minéraux qu'on a observés au microscope. Voir à ce sujet D. SOULÉ DE LAFONT (1955), pp. 93 et 94.

pour $si < 280$ al et alk sont croissants
 fm et c sont décroissants
 pour $si > 320$ al et c sont décroissants
 fm est croissant
 alk reste constant.

A ce point de vue, le granite de Sadba (n° 602) est le seul à présenter une certaine ressemblance avec ceux du Niger et de la Nigéria; par contre, les syénites (n°s 534, 540 *bis* et 589) se rapprocheraient du système de la Binnda.

Entre ces deux groupes, le granite de Silmidougou occupe une place à part.

Paramètres K, N, C

	2	341	1183	1786	A	B
K.....	44	41	39	31	52	38
N.....	56	53	58	63	48	55
C.....	0	6	3	6	0	7

En reportant ces paramètres sur le diagramme triangulaire (fig. 41), on constate que les roches de Haute-Volta sont beaucoup plus dispersées que les autres; en outre, elles sont généralement plus sodiques : à l'exception de la syénite de Zoungou (n° 540 *bis*) pour laquelle $N = 46$, elles ont un paramètre N supérieur à 67, ce qui les distingue des roches alcalines de Côte-d'Ivoire, du Dahomey, du Niger et de la Nigéria.

Plagioclasolites

Nous citons cinq analyses de plagioclasolites de Haute-Volta et, à titre de comparaison, deux plagioclasolites du Ghana et une de Côte-d'Ivoire.

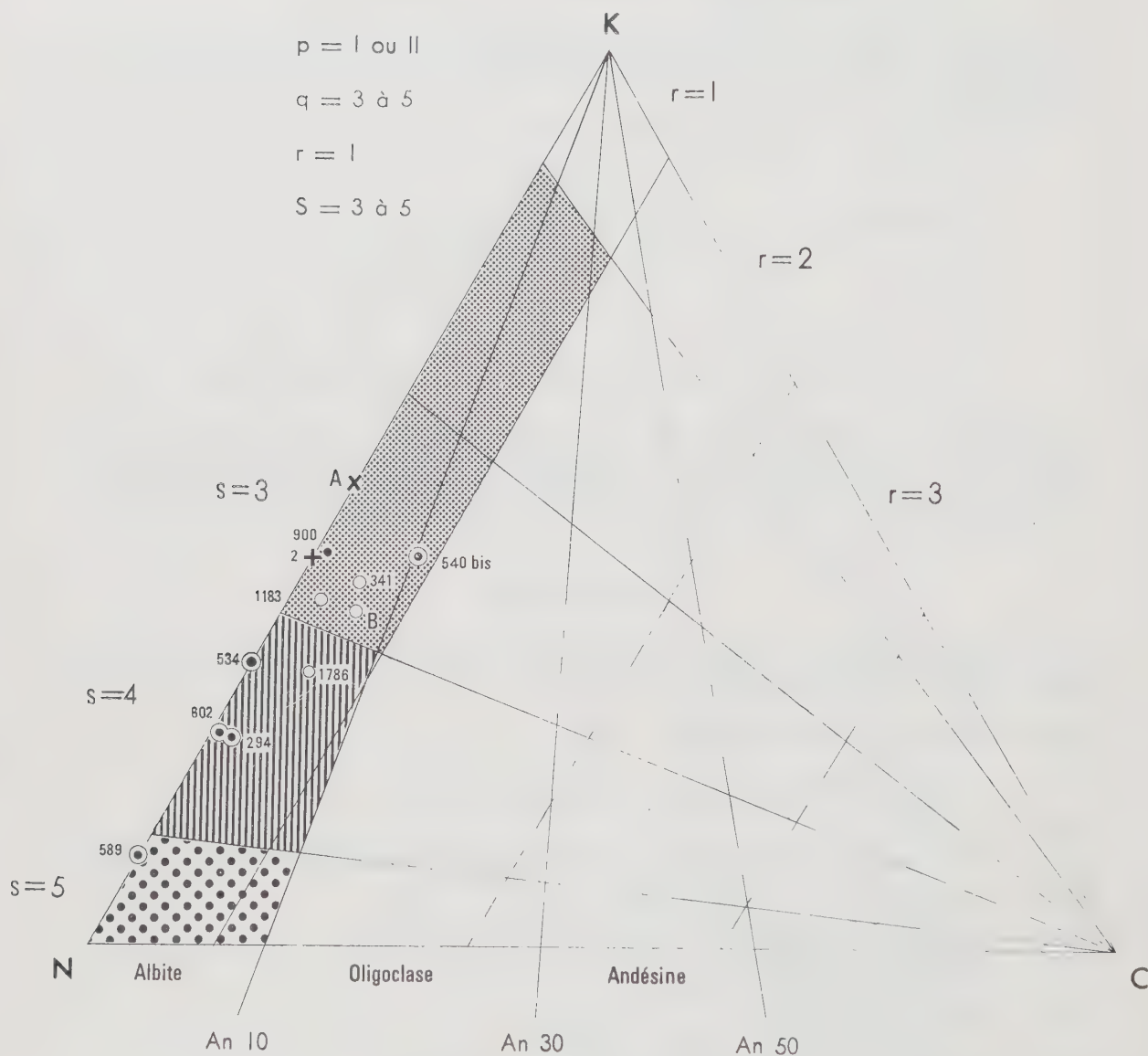
Nature et provenance des échantillons analysés.

- n° 18 — « dolérite ophitique ».
 Provenance : Agomeda (Ghana). — in N.R. JUNNER (1940).
 n° 413 — dolérite.
 Provenance : Sud d'Ouahigouya (canton de Boussouma), Haute-Volta ($L = 1^{\circ}5'$; $l = 12^{\circ}55'$).
 n° 444 — gabbro quartzifère à hypersthène.
 Provenance : Sud de Bani (Liptako) ($L = 0^{\circ}10'$; $l = 13^{\circ}40'$).
 n° 446 — gabbro à hypersthène.
 Provenance : Diatou (Liptako) ($L = 0^{\circ}4'$; $l = 13^{\circ}47'$).
 n° 585 — dolérite à amphibole.
 Provenance : Dollé ($L = 1^{\circ}18'$; $l = 12^{\circ}57'$).
 n° 592 — diorite quartzifère à épidote et chlorite, métamorphisée.
 Provenance : 5 km Sud de Mané ($L = 1^{\circ}19'$; $l = 12^{\circ}57'$).
 n° S — gabbro à hypersthène. — in D. SOULÉ DE LAFONT (1955), p. 119.
 Provenance : entre Gouméré et Siago (Côte-d'Ivoire).
 n° 15.633 — dolérite ophitique à olivine (1). — in N.R. JUNNER (1940).
 Provenance : Supang Su, Anyinam (Ghana).

1. Contrairement aux plagioclasolites de Haute-Volta, cette dolérite à olivine présente, à l'analyse, une petite quantité de silice libre.

Granites et syénites hypoalumineux et hyperalcalins

Diagramme de composition des feldspaths



Granites et Syénites



- ⊙ *Roches de Haute-Volta*
- *Roches de Côte d'Ivoire*
- ⊕ *Roches de Nigeria*
- × *Roches du Niger*
- *Roches du Dahomey*

Fig. : 41

Voici la composition modale de trois de ces roches :

Composition modale	413		444		446	
	Pourcentage observé	Déviati standard	Pourcentage observé	Déviati standard	Pourcentage observé	Déviati standard
quartz.....	0,6	0,35	7,8	1,0	3,15	1,2
microcline	—		2,55	0,6	0,9	0,65
plagioclase.....	47,8	2,4	52,8	1,8	50,7	3,6
	(a)				(a)	
augite.....	40,4	2,2	21,4	1,5	34,4	3,2
hypersthène.....	3,4	0,8	14,0	1,3	4,5	1,4
hornblende verte	0,4	0,3	—		—	
chlorite.....	1,8	0,6	—		4,5	1,4
mineral.....	5,6	1,0	1,4	0,42	1,8	0,9
	100,0		99,95		99,95	
An (%)	60-65		50			
nombre de points comptés	502		742		221	
(a) Partiellement ouralitisée.						

Analyses présentées en pourcentages pondéraux d'oxydes

	18	413	444	446	585	592	S	15.633
Si O ₂	48,44	47,80	55,37	45,05	47,90	46,95	46,15	49,16
Al ₂ O ₃	13,76	16,20	17,00	14,85	17,10	13,75	19,10	13,27
Fe ₂ O ₃	2,34	0,90	0	7,15	2,80	3,20	3,05	2,91
Fe O.....	10,42	9,90	8,25	8,85	11,75	15,05	7,35	11,21
Mn O.....	0,14	0,165	0,125	0,18	0,21	0,23	0,10	1,01
Mg O.....	6,83	7,55	4,60	5,80	3,00	3,65	7,40	5,73
Ca O.....	11,00 ⁽¹⁾	11,04	8,25	11,70	9,50	8,10	11,80	9,26
Na ₂ O.....	2,15	1,90	2,80	1,90	3,00	2,60	2,00	2,67
K ₂ O.....	0,61	0,55	0,55	0,15	0,65	0,70	traces	0,85
Ti O ₂	1,76	1,25	0,55	1,20	2,00	2,40	0,70	1,56
P ₂ O ₅	0,30	0,12	0,09	0,02	0,36	0,46	0	0,38
CO ₂	—	—	—	—	—	—	—	1,18
S.....	0,11	—	—	—	—	—	—	0,05
Pf ⁽²⁾	—	—	—	—	2,45	3,65	—	—
H ₂ O ⁺	2,41	1,35	0,81	2,05	—	—	1,15	0,60
H ₂ O ⁻	0,29	0,20	0,15	0,20	0,08	—	0,20	0,17
	100,56	98,92	98,55	99,10	100,80	100,74	99,00	100,01

1. Y compris Ba O $\pm$ 0,02.

2. Perte au feu.

Paramètres de Niggli

	18	413	444	446	585	592	S	15.633
<i>al</i>	18,8	21,7	27,9	19,5	25,1	20,0	24,8	18,7
<i>fm</i>	48,2	46,4	38,8	48,2	41,3	51,1	43,0	50,1
<i>c</i>	27,3	26,9	24,7	28,0	25,3	21,5	27,9	23,7
<i>alk</i>	5,7	5,0	8,6	4,3	8,3	7,4	4,3	7,5
<i>si</i>	112,3	108,8	154,8	100,7	119,3	116,4	101,7	119,0
<i>k</i>	0,16	0,16	0,11	0,05	0,125	0,15	0,00	0,17
<i>mg</i>	0,49	0,55	0,50	0,40	0,27	0,27	0,56	0,41
<i>o</i>	0,08	0,03	0,00	0,25	0,13	0,11	0,12	0,10

Analyses présentées en « pourcentages ioniques »

	413		444		446		585		592	
		<i>anions</i>		<i>anions</i>		<i>anions</i>		<i>anions</i>		<i>anions</i>
Si	45,80	91,60	52,90	105,80	44,85	88,90	46,40	92,80	46,70	93,40
Al	18,25	28,35	19,10	28,65	17,20	25,80	19,50	29,25	16,10	24,15
Fe'''	0,65	—	—	—	5,30	7,95	2,05	3,07	2,40	3,60
Fe''	7,90	7,90	6,55	6,55	7,30	7,30	9,50	9,50	12,50	12,50
Mn	0,13	0,13	0,10	0,10	0,15	0,15	0,17	4,50	0,20	0,20
Mg	10,75	10,75	6,55	6,55	8,50	8,50	4,33	5,40	5,40	5,40
Ca	11,32	11,32	8,45	8,45	12,35	12,35	9,85	9,85	8,60	8,60
Na	3,55	1,78	5,20	2,60	3,65	1,82	5,60	2,80	5,00	2,50
K.....	0,70	0,35	0,65	0,32	0,20	0,10	0,80	0,40	0,90	0,45
Ti.....	0,90	1,80	0,40	0,80	0,90	1,80	1,45	2,90	1,80	3,60
P.....	0,10	0,25	0,07	0,18	—	—	0,30	0,75	0,40	0,10
OH.....	100,05	154,23	99,97	160,00	100,00	154,67	99,95	155,82	100,00	155,40
		8,60		5,20		13,50		* 15,85		* 24,00
— O pour OH..		162,83		165,20		168,17		171,67		179,40
		4,30		2,60		6,75		7,92		12,00
		158,53		162,60		161,42		163,75		167,40

* Tout le Pf (perte au feu) ayant été compté comme H_2O^+ , les quantités d'ion OH indiquées ici doivent être considérées comme des maxima.

Composition virtuelle

	18	413	444	446	585	592	S	15.633
quartz.....	—	—	7,80	1,60	—	0,80	—	1,45
albite.....	18,20	16,00	23,75	16,00	25,35	22,00	17,00	22,60
anorthite.....	26,10	34,00	32,25	31,50	31,30	23,75	43,10	21,70
Total plagioclase....	44,30	50,00	56,00	47,50	56,65	45,75	60,10	44,30
orthose.....	3,60	3,25	3,25	0,90	3,85	4,15	—	5,00
Total feldspaths ...	47,90	53,25	59,25	48,40	60,50	49,90	60,10	49,30
Total coupholites....	47,90	53,25	67,05	50,00	60,50	50,70	60,10	50,75
(Si O ₃) ₂ Ca Mg.....	12,50	9,50	3,25	14,05	4,00	3,70	8,50	5,75
(Si O ₃) ₂ Ca Fe.....	9,25	6,90	3,55	7,35	7,50	7,60	4,05	6,10
Total diopside.....	21,75	16,40	6,80	21,40	11,50	11,30	12,55	11,85
Si O ₃ Mg.....	11,00	8,80	10,00	8,00	5,20	7,40	7,25	11,60
Si O ₃ Fe.....	9,35	7,35	12,50	4,75	11,35	17,40	3,95	14,15
Total hypersthène....	20,35	16,15	22,50	12,75	16,55	24,80	11,20	25,75
Total pyroxènes....	42,10	32,55	29,30	34,15	28,05	36,10	23,75	37,60
Si O ₄ Mg ₂	0,10	3,90	—	—	0,30	—	5,05	—
Si O ₄ Fe ₃	0,10	3,60	—	—	0,75	—	3,00	—
Total olivine.....	0,20	7,50	—	—	1,05	—	8,05	—
magnétite.....	3,40	1,30	—	10,35	4,05	4,65	4,40	4,20
ilménite.....	3,35	2,40	1,05	2,30	3,80	4,55	1,35	2,95
pyrite.....	0,20	—	—	—	—	—	—	0,10
Total minéral.....	6,95	3,70	1,05	12,65	7,85	9,20	5,75	7,25
apatite.....	0,70	0,30	0,20	0,05	0,85	1,10	—	0,90
calcite.....	—	—	—	—	—	—	—	2,70
Total barylites.....	49,95	44,05	30,55	46,85	37,80	46,40	37,55	48,45
H ₂ O [±]	2,70	1,55	0,96	2,25	2,53	3,65	1,35	0,77
	100,55	98,85	98,56	99,10	100,83	100,75	99,00	99,97
Or/Pl.....	0,08	0,065	0,06	0,02	0,06	0,09	0,00	0,11
An (%).....	59	68	58	66	55	55	72	49

Paramètres de Lacroix

n° 18: III. 5. 4. 4' [(4)2. 1. 2. 3]
 n° 444: II'.(4)5. 4. (5)5 [1. 1. 1.(2). 3]
 n° 585: (II)III. 5. 4. (4)5 [2. 1. 2. 4]
 n° S: (II)III. 5. 4'. 5 [(1)2. 2. '2. 2.(3)]

n° 413: III. 5. 4. 4' [1'. 2. '2. '3]
 n° 446: III. 5. 4. 5 [2. 1. 2. 3]
 n° 592: III. 5. (3)4. 4.(5) [2. 1. '2. 4]
 n° 15.633: III. 5. 3.(4). 4' [2. 1. 2. 3]

D'après les paramètres *p.q.r.s.*, ces roches appartiennent à la famille des gabbros, à l'exception de la roche n° 444 qui, d'après la classification de Lacroix serait une diorite quartzifère. D'après les paramètres *h.k.l.m.*, ce sont encore des gabbros, à l'exception de la même roche n° 444 dont la composition a une tendance noritique.

Paramètres K, N, C.

	18	413	444	446	592	S	15.633
K....	5	4	3,5	1	6	0	7
N....	26	19	27	21	31	17	33
C.....	69	77	69,5	78	63	83	60

Diagramme triangulaire K, N, C, (fig. 42).

Plagioclasesolites

Diagramme de composition des feldspaths

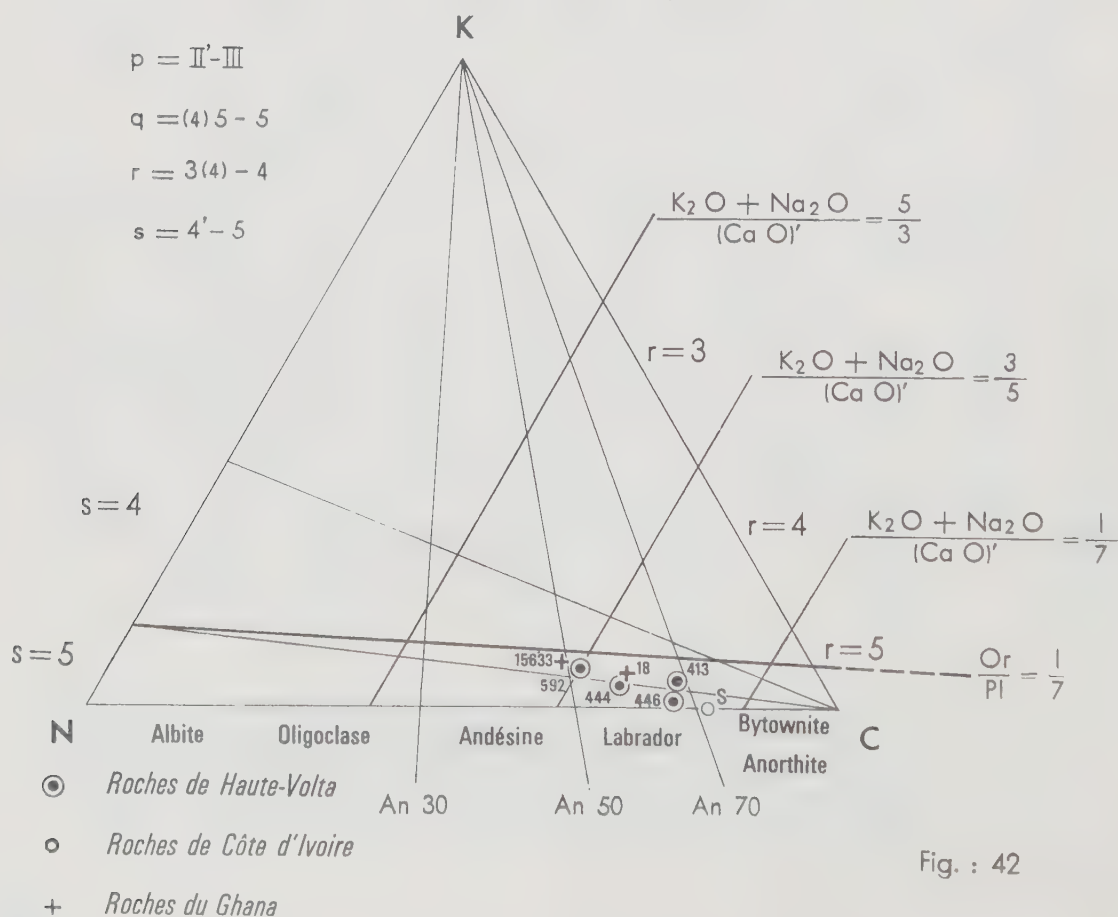


Fig. : 42

Les points représentatifs de six des roches étudiées sont groupés dans la région correspondant aux gabbros; elles satisfont aux conditions : $\frac{Or}{Pl} < \frac{1}{7}$, $\frac{K^2O + Na^2O}{(CaO)'} < \frac{3}{5}$, $An \% > 50$.

Seule la roche n° 15.633 arrive dans la région des diorites mais très près des gabbros :

$$An \% = 49 \frac{K^2O + Na^2O}{(CaO)'} = \frac{2}{3}$$

Malgré la diversité de leurs provenances, nos plagioclases ont des compositions feldspathiques assez voisines.

Diagramme triangulaire de composition des barylites (fig. 43).

Plagioclases

Diagramme de composition des barylites

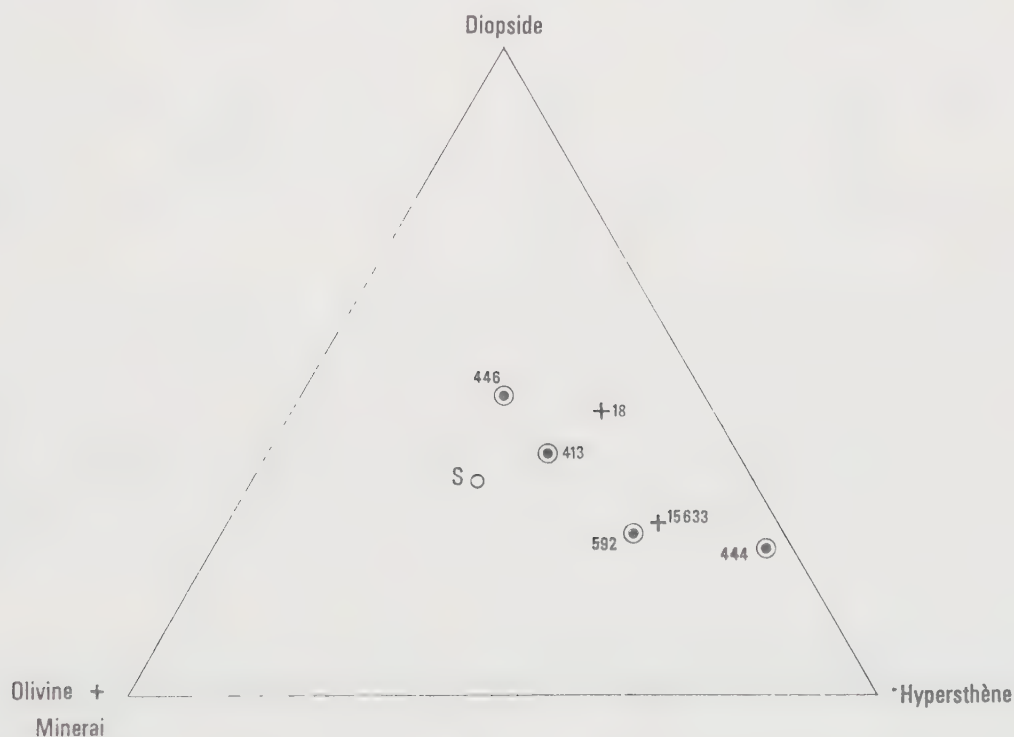


Fig. : 43

Comme les feldspaths ne constituent qu'environ la moitié de la roche, j'ai cherché à représenter la composition des barylites sur un autre diagramme triangulaire. Celui-ci comprend à un sommet le diopside virtuel $(SiO_3)_2Ca(Mg,Fe)$, à un autre sommet l'hypersthène, au troisième sommet la somme olivine+minéral le total étant ramené à 100. Nous remarquons qu'au point de vue des barylites, nos roches ont des compositions plus dispersées (en particulier, l'hypersthène virtuel varie entre 27 et 74 % du total des barylites).

	18	413	444	446	592	S	15.633
Diopside	44	37,5	22,5	46	25	33	26,5
Hypersthène	41	37	74	27	55	30	57,5
Olivine = minéral	15	25,5	3,5	27	20	37	16

Variations des paramètres de Niggli (fig. 44).

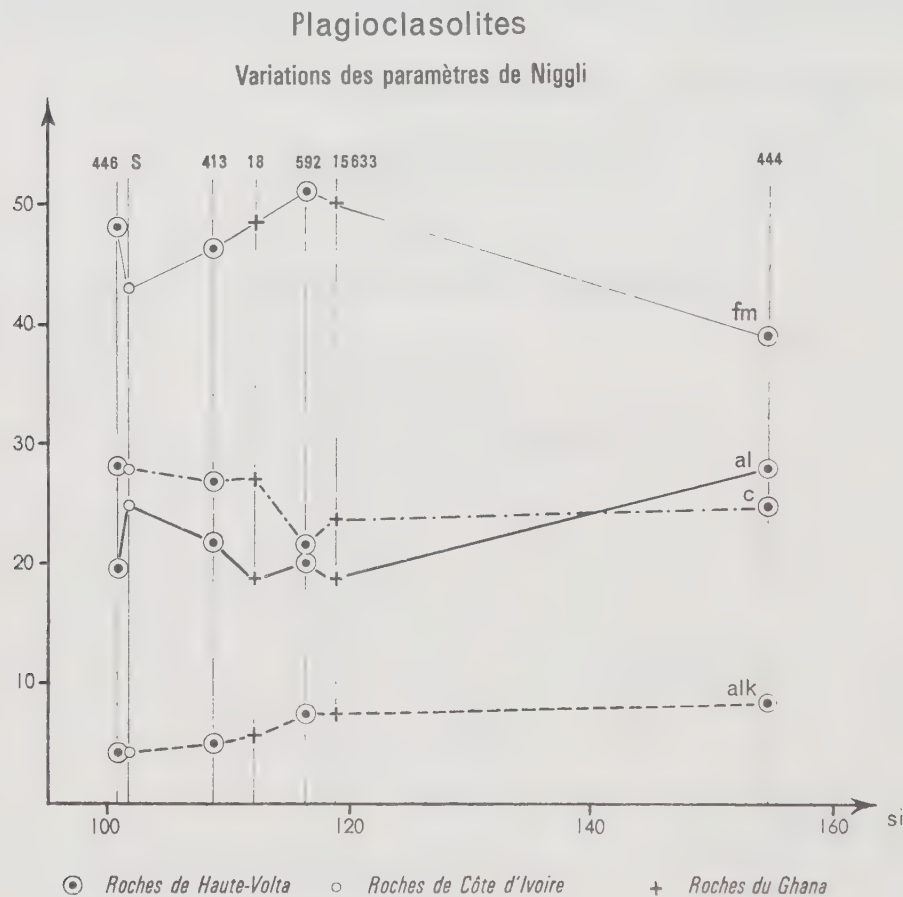


Fig. : 44

La représentation des quatre principaux paramètres en fonction de si fait apparaître une croissance constante de alk , cependant que c décroît assez régulièrement. Par contre, les variations de al et de fm sont irrégulières, mais, de toutes façons, pour $100 < si < 120$, les quatre paramètres sont disposés dans l'ordre $fm > c > al > alk$.

Composition équivalente d'après les minéraux observés

Je termine cette brève étude pétrographique des plagioclasesolites de Haute-Volta en donnant la composition équivalente de trois d'entre elles. Lorsqu'il n'y a qu'un minéral ferro-magnésien, l'augite, la décomposition est facile. La quantité d'alumine contenue dans le pyroxène n'est pas connue, mais si l'on tient compte de la teneur en anorthite du plagioclase observé, il n'y a pratiquement plus d'indétermination. Par contre, j'ai dû renoncer au calcul pour la roche n° 446 qui contient augite, hypersthène, actinote, chlorite et hornblende verte.

ANALYSE N° 413

Composition équivalente d'après les minéraux observés

		Ap	Il	Ma	Micro	Ab	An	Augite		
								Héd	Clino Enst	Alum
Si.....	45,80				2,10	10,65	8,70	13,60	10,75	
Al.....	18,25				0,70	3,55	8,70			5,30
Fe'''.....	0,65			0,65						
Fe''+Mn.....	8,03		0,90	0,33				6,80		
Mg.....	10,75								10,75	
Ca.....	11,32	0,17					4,35	6,80		
Na.....	3,55					3,55				
K.....	0,70				0,70					
Ti.....	0,90		0,90							
P.....	0,10	0,10								
OH.....	8,60									

microcline	3,50	} F = 43,00	Σ feldspaths = 43,00	
albite	17,75		} Pl = 39,50	Σ barylites = 57,05
anorthite	21,75			
augite				
hédénbergite	27,20	} 54,00		
clinoenstatite	21,50			
alumine	5,30			
magnétite		0,98		
ilménite		1,80		
apatite		0,27		
		100,05		

L'augite calculée ne contient pas de diopside; elle a pour composition $\text{Ca Fe'' Mg}_{1,6} \text{Al}_{0,8} \text{Si}_{3,6} \text{O}_{12}$.

Le plagioclase est le labrador An 55, il est un peu moins calcique que le plagioclase observé (An 60 ou 65 environ).

Le microcline n'a pas été observé; il représente 8 % du feldspath total dans lequel il se trouve probablement dispersé.

Les radicaux OH n'ont pas été utilisés. Il est d'ailleurs paradoxal de trouver 1,35 % en poids d'eau combinée, alors que tous les minéraux observés sont anhydres. Dans ces conditions, H^2O^+ représente probablement le soufre de la pyrite. Si l'on admet cette hypothèse, voici comment se présente la composition de la roche :

		Ap	Il	Ma	Py	Mic	Ab	An	Augite		
									Héd	Cl.-enst	Alum
Si.....	45,80					2,1	10,65	11,10	11,20	10,75	
Al.....	18,25					0,7	3,55	11,10			2,90
Fe'''.....	0,65			0,65							
Fe''+Mn.....	8,03		0,90	0,33	1,2				5,60		
Mg.....	10,75									10,75	
Ca.....	11,32	0,17						5,55	5,60		
Na.....	3,55						3,55				
K.....	0,70					0,7					
Ti.....	0,90		0,90								
P.....	0,10	0,10									
S.....	2,40				2,4						

microcline.....	3,50	} Pl = 45,50	} F = 49,00	Σ feldspaths = 49,00 Σ barylites = 53,45	
albite.... 17,75					
anorthite 27,75					
<i>augite</i>					
hédénbergite.....	22,40	} 46,80			
clinoenstatite.....	21,50				
alumine.....	2,90				
magnétite.....	0,98	} 6,38			
ilménite.....	1,80				
pyrite.....	3,60				
apatite	0,27				
				102,45	

Le total des minéraux calculés dépasse 100 parce que le soufre est compté en surnombre.

L'augite calculée est pauvre en alumine et ne contient pas de diopside; sa composition approximative est : $\text{Ca Fe'' Mg}_{1,8} \text{Al}_{0,5} \text{Si}_{3,75} \text{O}_{12}$.

Le plagioclase (An 61) se rapproche du labrador observé. Le microcline représente 7% du feldspath total.

La quantité de pyrite calculée (3,6 équivalents) correspond à 2,5 % en poids ou 1,25 % en volume; elle est peut-être un peu excessive. Aussi, il est probable que la composition réelle de la dolérite est intermédiaire entre ces deux hypothèses.

ANALYSE N° 444

Composition équivalente d'après les minéraux observés

		Ap	Il	Mic	Ab	An	Augite				Hyp	Q
							Héd	Diop	Clino Enst.	Alum		
Si	52,90			1,95	15,6	10,25	4,8	1,6	1,7		7,9	9,1
Al.....	19,10			0,65	5,2	10,25				3,0		
Fe'''	0,00											
Fe'' + Mn.....	6,65		0,4				2,4				3,85	
Mg.....	6,55							0,8	1,7		4,05	
Ca	8,45	0,12				5,13	2,4	0,8				
Na.....	5,20				5,2							
K	0,65			0,65								
Ti	0,40		0,4									
P	0,07	0,07										
OH	5,20											

quartz

microcline..... 3,25 } Σ éléments blancs = 64,00

albite.... 26,00 / } Σ barylites = 36,00

anorthite 25,63 \ } 54,88

augite

hédénbergite..... 9,6

diopside..... 3,2

clinoenstatite..... 3,4

alumine..... 3,0

hypersthène

Si O₃ Mg..... 8,1

Si O₃ Fe..... 7,7

ilménite

apatite

99,97

Le plagioclase calculé (An 50) est conforme à l'observation. L'augite est en quantité un peu supérieure à l'hypersthène; elle est composée de :

hédénbergite	50 %
diopside	16,7 %
clinoenstatite	17,7 %
alumine	15,6 %

soit approximativement : $\text{Ca}_{1,33} \text{Fe}'' \text{Mg}_{1,04} \text{Al}_{1,25} \text{Si}_{3,375} \text{O}_{12}$.

La répartition de $\text{SiO}_3 \text{Mg}$ entre les deux pyroxènes est indéterminée; le rapport $\frac{\text{Mg}}{\text{Fe}''}$ est égal à 1,04 aussi bien dans l'augite que dans l'hypersthène.

ANALYSE N° 592

Composition équivalente d'après les minéraux observés

	Ap	Titano magn	Sph	Sér	Ab	An	Epi	Zo	Chlo	Q
Si	46,7		1,5	2,7	15,0	3,0	5,3	2,1	11,2	5,9
Al	16,1			2,7	5,0	3,0	3,3	2,1		
Fe'''	2,4	0,4					2,0			
Fe'' + Mn	12,7	0,3 + 1,0							11,4	
Mg	5,4								5,4	
Ca	8,6	0,65	1,5			1,5	3,55	1,4		
Na	5,0				5,0					
K	0,9			0,9						
Ti	1,8	0,3	1,5							
P	0,4									
OH	24,0			1,8			1,8	0,7	22,4	

quartz	5,9		Σ éléments blancs = 44,7
albite	25,00	{ Pl =	Σ barylites = 55,3
anorthite	7,5		
séricite			
epidote	14,15	{	
zoïsite	5,6		
chlorite			
titanomagnétite			
leucoxène			
apatite			
	100,00		

Cette diorite quartzifère à épidote et chlorite a une composition nettement différente de celle des autres roches du groupe; elle est entièrement métamorphisée et seules les conditions du gisement qui, exceptionnellement, sont observables, interdisent de la rattacher à la série de Dacola et obligent à considérer ce métamorphisme comme un auto-métamorphisme.

Le plagioclase actuel est un oligoclase An 23 mais le plagioclase originel devait être beaucoup plus calcique car l'épidote et la zoïsite sont abondantes.

La chlorite calculée est une antigorite (non alumineuse) : $(\text{Fe}'', \text{Mg})_3 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$.

BIBLIOGRAPHIE

Liste des abréviations

<i>Ann. Ac. Sc.</i>	- Annales de l'Académie des Sciences.
<i>B.C.G.F.</i>	- Bulletin de la Commission Géologique de Finlande.
<i>B.E.G.M.</i>	- Bureau d'Etudes Géologiques et Minières.
<i>B.R.G.M.</i>	- Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
<i>B.S.G.F.</i>	- Bulletin de la Société Géologique de France.
<i>B.S.M.P.</i>	- Bulletin Suisse de Minéralogie et de Pétrographie (Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen).
<i>Bull.</i>	- Bulletin.
<i>C.R. Ac. Sc.</i>	- Comptes-Rendus des Séances de l'Académie des Sciences.
<i>C.R. Som. S.G.F.</i>	- Comptes-Rendus sommaires des séances de la Société Géologique de France.
<i>D.G.P.M.</i>	- Direction de la Géologie et de la Prospection Minière.
<i>D.M.G.</i>	- Direction des Mines et de la Géologie.
<i>G.C.G.S.</i>	- Gold Coast Geological Survey.
<i>Journ. Geol.</i>	- Journal of Geology.
<i>Mém.</i>	- Mémoire.
<i>O.R.S.T.O.M.</i>	- Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.
<i>S.G.P.M.</i>	- Service de Géologie et de Prospection Minière.
<i>The Amer. Min.</i>	- The American Mineralogist.

- AICARD P., BLANCHOT A. et SOUGY J. (1958). - Sur la position stratigraphique des grès de Firgoun (Niger). *C.R. Som. S.G.F.*, Paris, 3 novembre 1958, n° 13, pp. 297-299.
- AICARD P. (1955). - *Rapport annuel du S.G.P.M.*, Dakar, p. 27.
- ARAMBOURG C., KIKOINE J. et LAVOCAT R. (1951). - Découverte du genre *Moeritherium* ANDREWS dans le Tertiaire continental du Soudan. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 2 juillet 1951, **233**, n° 1, pp. 68-70.
- ARCHAMBAULT J. (1951). - Données pour un équipement hydraulique au sud de la boucle du Niger. (*Service de l'Hydraulique de l'A.O.F.*, Dakar).
- ARNAUD G. (1945). - Les ressources minières de l'Afrique occidentale. *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 8.
- ARNOULD M. (1961). - Etude géologique des migmatites et des granites précambriens du nord-est de la Côte-d'Ivoire et de la Haute-Volta méridionale. *D.G.P.M.*, Abidjan, *Bull.* n° 1 et *B.R.G.M.*, Paris, *Mém.* n° 3.
- AUBOUIN J. (1959). - A propos d'un centenaire : les aventures de la notion de géosynclinal. *Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique*, Paris (nouvelle série), **2**, n° 3, pp. 135-188.
- AVIAS J. (1954). - Sur la genèse des gisements de manganèse de Nouvelle-Calédonie (secteur central). *C.R. Som. S.G.F.*, Paris, 18 janvier 1954, n° 1-2, pp. 17-19.
- BARBIER R. et MICHEL R. (1958). - Découverte d'une roche volcanique (andésite) dans la zone du Flysch des Aiguilles d'Arves. *B.S.G.F.*, Paris, 17 novembre 1958, (6), **8**, n° 7, pp. 709-714.
- BARTH T.W. (1948). - A propos de la distribution de l'oxygène dans la lithosphère. *C.R. Som. S.G.F.*, Paris, 21 juin 1948, n° 11-12, pp. 246-248.
- BARTH T.W. (1955). - Presentation of rock analyses. *Journ. Geol.*, Chicago, **63**, n° 4, pp. 348-
- BAUD L. (1941). - Cercle de Kaya (Rapport inédit, *S.G.P.M.*, Dakar).
- BAUD L. (1942). - Sur la présence d'or libre dans les roches basiques du cercle de Kaya. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 23 février 1942, **214**, n° 8, pp. 380-382.
- BERTRAND L. et ROUBAULT M. (1936). - L'emploi du microscope polarisant (*Lamarre*, Paris).
- BERTRAND L., ORCEL J. et RINNE F. (1959). - La science des roches (*Lamarre*, Paris, 3^e édition française).
- BLANCHOT A. (1946). - Sur la découverte d'une discordance dans le Précambrien de Mauritanie occidentale. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 17 juin 1946, **222**, n° 25, pp. 1450-1452.
- BLANCHOT A., AICARD P. et SOUGY J. (1958). - Sur la position stratigraphique des grès de Firgoun (Niger). *C.R. Som. S.G.F.*, Paris, 3 novembre 1958, n° 13, pp. 297-299.
- BODIN L. (1951). - Contribution à l'étude des granites birrimiens dans le Précambrien de l'Afrique Occidentale Française. *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 12.
- BOLGARSKY M. (1951). - Notice explicative sur la feuille Abidjan-ouest (*S.G.P.M.*, Dakar).
- BONHOMME M. - Ages absolus dans le massif de Bouna en Haute-Volta et dans le granite de Windéné en Côte-d'Ivoire. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 19 juin 1961, **252**, n° 25, pp. 4016-4017, biblio.
- BONNAULT D. (1943). - Notice explicative sur la feuille Bouaké-est (*S.G.P.M.*, Dakar).
- BONNAULT D. (1951). - Notice explicative sur la feuille Abidjan-est (*S.G.P.M.*, Dakar).
- BOUIGE L. et BONNAULT D. (1938). - La série arénacée dans le centre et l'est de la Côte-d'Ivoire. *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 2, pp. 57-69.
- BRAJNIKOV B. (1945). - Sur la distribution de l'oxygène dans la lithosphère. *B.S.G.F.*, Paris, 19 mars 1945, (5), **15**, n° 4-5-6, pp. 329-336.
- BRAJNIKOV B. (1949). - Les rapports numériques et volumiques de l'oxygène dans les minéraux et les roches. *Instituto de Technologia industrial*, Belo Horizonte (Minas Geraes, Brésil), *Boletim* n° 8.
- BRAY R.H., BRADLEY W.F. et GRIM R.E. (1937). - The mica in argillaceous sediments. *The Amer. Min.*, Menasha, **22**, n° 7, pp. 813-829.
- CHENEVOY M. (1957). - Contribution à l'étude des schistes cristallins de la partie nord-ouest du Massif central français (thèse). *Mém. expl. Carte géol. France*, Paris.
- CHENEVOY M. (1958). - Sur l'importance et les caractères du paléovolcanisme en Limousin septentrional (Massif central français). *B.S.G.F.*, Paris, 24 février 1958, (6), **8**, n° 2, pp. 113-122.
- C.I.P.W. (1903) (CROSS W., IDINGS J.P., PIRSSON L. et WASHINGTON H.S.). - (Classification quantitative des roches ignées). (*The University of Chicago Press*, Chicago.)
- CRENN Y. (1954). - Reconnaissance gravimétrique en A.O.F. de Bamako à Zinder. (Rapport inédit, *Centre géophysique O.R.S.T.O.M.*; Mbour, Sénégal).

- CRENN Y. (1957). - Mesures gravimétriques et magnétiques dans la partie centrale de l'A.O.F. Interprétations géologiques (O.R.S.T.O.M., Paris).
- DANA E.S. (1932). - A textbook of mineralogy. (John Wiley et sons, New York; Chapman et Hall, London). 4^e éd., 851 p., 1089 fig.
- DÉFOSSEZ M. (1957). - Etude géologique et hydro-géologique de la plaine du Gondo (Rapport inédit, S.G.P.M., Dakar).
- DÉFOSSEZ M. (1958). - Contribution à l'étude géologique de la boucle du Niger (Thèse, Strasbourg).
- DÉFOSSEZ M., PALAUSI G. et RADIER H. (1957). - Données nouvelles sur les séries anciennes de la boucle du Niger (Soudan). S.G.P.M., Dakar, Bull. n° 20, pp. 149-192.
- DELORME J. (1951). - Rapport de fin de campagne 1951. Géologie région de Dori (Rapport inédit, S.G.P.M., Dakar).
- DENAEYER M.E. (1951). - Tableaux de Pétrographie (Lamarre, Paris).
- DIDIER J. et ROQUES M. (1959). - Sur les enclaves des granites du Massif central français. C.R. Ac. Sc., Paris, 23 mars 1959, **248**, n° 12, pp. 1839-1841.
- DUCELLIER J. (1950). - Haute-Volta. S.G.P.M., Dakar, Rapport annuel 1950, pp. 37-44.
- DUCELLIER J. (1953). - Haute-Volta. S.G.P.M., Dakar, Rapport annuel 1953, pp. 36-40.
- ERHART H. (1956). - La genèse des sols en tant que phénomène géologique (Masson, Paris).
- ESKOLA P. (1921). - (Le faciès minéral des roches.) *Norsk geol. Tidsskr.*, Oslo, 6, pp. 143-194.
- ESKOLA P. (1946). - Kristalle und Gesteine. Ein Lehrbuch der Kristallkunde und allgemeinen Mineralogie. (Springer Verlag, Vienne), 397 p., 461 fig.
- ESKOLA P. (1954). - Suggestion pour la présentation des analyses de roches en pourcentages ioniques. *Ann. Ac. Sc., Helsinki, série A III géologie-géographie*, Bull. n° 38.
- FISCHESSER R. (1955). - Données des principales espèces minérales (Sennac, Paris).
- FREY R. (1937). - La classification moderne des roches éruptives (Protectorat de la République Française au Maroc, Rabat), Notes et Mémoires, n° 44.
- FURON R. (1950). - Géologie de l'Afrique (Payot, Paris), 1^{ère} éd.
- FURON R. (1958) et al. - Esquisse structurale provisoire de l'Afrique, au 1/10 000 000. *Assoc. Serv. Géol. afr.*, édit., Paris.
- FURON R. (1960). - Géologie de l'Afrique (Payot, Paris), 2^e éd.
- FYFE W.S., TURNER F.J. et VERHOOGEN J. (1958). - Metamorphic reactions and metamorphic facies. *Geol. Soc. America, New-York, Mém.* n° 73.
- G.C.G.S. (1928). - Bull. n° 4, Accra.
- GERBAL A. et LORÉTAN M. (1960). - Prospection du secteur Korsimogho-Ouahigouya de Bous-souma (Haute-Volta). (Rapport inédit, B.R.G. M., Dakar).
- GEYER R.A. et ROMBERG F. (1956). - What is a gravity anomaly? *Oil Gas Journal*, Saint-Louis (Miss.), **54**, n° 52, pp. 196-200. (Traduction B.R.P. - S.I.G. n° 1677).
- GLANGEAUD L. (1957). - Essai de classification géodynamique des chaînes de montagnes et des phénomènes orogéniques. *Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique*, Paris, nouvelle série, **1**, n° 4, pp. 201-211.
- GLANGEAUD L. (1958). - Le plutonisme sialique, ses relations avec le métamorphisme dans les Pyrénées orientales et centrales. *B.S.G.F.*, Paris, 17 septembre 1958, (6), **8**, n° 8, appendice, pp. 961-978.
- GORODISKI A. (1952). - Notice explicative de la carte géologique du Sénégal au 1/20 000. Feuilles Ouakam et Dakar. S.G.P.M., Dakar, Bull. n° 10, pp. 1-60.
- GRIM R.E. (1953). - Clay Mineralogy (Mac Graw Hill, New-York, Londres, Toronto).
- GRIM R.E., BRAY R.H. et BRADLEY W.F. (1937). - The mica in argillaceous sediments. *The Amer. Min.*, Menasha, **22**, n° 7, pp. 813-829.
- HARKER A. (1902). - Pétrographie. Introduction à l'étude des roches au moyen du microscope. (Béranger, Paris et Liège.)
- HARKER A. (1932). - Metamorphism (Methuen, Londres).
- HENDRICKS S.B. (1942). - Lattice structure of clay minerals and some properties of clays. *Journ. Geol.*, Chicago, avril-mai 1942, pp. 276-290.
- HOLMES A. (1928). - The nomenclature of petrology (Th. Murby, Londres), 2^e éd.
- HUBERT H. (1919). - Etat actuel de nos connaissances sur la géologie de l'Afrique occidentale. Carte géologique au 1/5 000 000 et notice explicative (Larose, Paris), 2^e éd.

- HUBERT H. (1926). - Carte géologique de l'Afrique Occidentale Française au 1/1 000 000. Feuille 7a (Ouagadougou) et notice explicat. (*Larose*, Paris).
- HUBERT H. (1932). - Afrique Occidentale Française et Togo. In « La géologie et les mines de la France d'Outre-Mer », (*B.E.G.M.*, Paris), pp. 205-239, une carte au 1/10 000 000.
- JACOBSON R.R.E. (1947). - (Le complexe des « Younger Granites » de Liruei, Nigéria). (*Thèse*, Londres).
- JÉRÉMINE E. (1942). - Contribution à l'étude pétrographique des roches cristallines et métamorphiques de la Mauritanie. *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 6, pp. 103-140.
- JUNG J. (1958). - Précis de pétrographie; (*Masson*, Paris), 306 p.
- JUNG J. et ROQUES M. (1936). - Les zones d'isomé-tamorphisme dans le terrain cristallophyllien du Massif central français. *Revue des Sc. Nat. d'Auvergne*, Clermont-Ferrand, **1**, n° 4, p. 50, fig. 21.
- JUNG J. et ROQUES M. (1952). - Introduction à l'étude zonéographique des formations cristal-lophylliennes. *Bull. Serv. Carte géol. France*, Paris, **50**, n° 235, pp. 1-62, fig. 25.
- JUNNER N.R. (1935). - Gisements de manganèse de N'Suta, Gold Coast. *Congrès intern. des Mines, de la Métall. et de la Géologie appliquée*, VII^e session, Paris, pp. 173-178.
- JUNNER N.R. (1940). - (Géologie de la Gold Coast et du Togo occidental). *G.C.G.S.*, Accra, *Bull.* n° 11 (*Traduction S.G.P.M.*, Dakar, 1949).
- KARPOFF R. (1960). - La géologie de l'Adrar des Iforas. *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 30.
- KERVAN L. (1960). - Bilans métaboliques anormaux et transmutations biologiques. *Revue Générale des Sciences*, Paris, juillet-août 1960, **67**, n°s 7-8, pp. 193-206.
- KIKOINE J., LAVOCAT R. et ARAMBOURG R. (1951). - Découverte du genre *Moeritherium* ANDREWS dans le Tertiaire continental du Soudan. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 2 juillet 1951, **233**, n° 1, pp. 68-70.
- KILIAN C. (1932). - Sur des conglomérats précam-briens du Sahara central; le Pharusien et le Suggarien. *C.R. Som. S.G.F.*, Paris, 4 avril 1932, n° 7, p. 87.
- KITSON A.E. (1918). - Report for 1916 (*G.C.G.S.*, Accra).
- KITSON A.E. (1928). - (Carte géologique provisoire de la Gold Coast et du Togo occidental, avec notice explicative). *G.C.G.S.*, Accra, *Bull.* n° 2.
- KOBER L. (1923). - Bau und Entstehung der Alpen. (*Bornträger*, Berlin), 283 p.
- KOCH P. (1959). - Le Précambrien de la frontière occidentale du Cameroun central. *D.M.G.*, Yaoundé, *Bull.* n° 3.
- KOERT W. (1910). - Geologische Karte von Togo, mit Begleitwort, in H. MEYER. - Das deutsche Kolonialreich II (Leipzig).
- LACROIX A. (1909). - Minéralogie de la France et de ses colonies. (*Béranger*, Paris), 5 tomes.
- LACROIX A. (1922). - Minéralogie de Madagascar. (*Challamel*, Paris), 2 tomes.
- LACROIX A. (1933). - Classification des roches éruptives (extrait d'un mémoire intitulé : « Contribution à la connaissance de la composition chimique et minéralogique des roches éruptives de l'Indochine »). *Bull. Serv. géol. de l'Indochine*, Hanoi, **20**, n° 3.
- LAFFITTE P. (1953). - Étude de la précision des analyses de roches. *B.S.G.F.*, Paris, 7 décembre 1953, (6) **III**, n°s 7-8, pp. 723-745.
- LAFFITTE P. (1954). - Volume occupé par les divers éléments dans les roches. *C.R. Som. S.G.F.*, Paris, 1^{er} février 1954, n° 3, pp. 44-48.
- LAFFITTE P. (1957). - Introduction à l'étude des roches métamorphiques et des gîtes métallifères (*Masson*, Paris).
- LAPADU-HARGUES P. (1949). - Contribution aux problèmes de l'apport dans le métamorphisme. *B.S.G.F.*, Paris, 7 février 1949, (5), **19**, n°s 1-2-3, pp. 89-109.
- LAPADU-HARGUES P. (1952). - Considérations sur l'origine des amphibolites. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 14 janvier 1952, **234**, n° 3, pp. 352-353.
- LAPADU-HARGUES P. (1953). - Sur la composition chimique moyenne des amphibolites. *B.S.G.F.*, Paris, 19 janvier 1953, (6), **3**, n°s 1-2-3- pp. 153-173.
- LAPADU-HARGUES P. (1954). - Précis de Minéralogie (*Masson*, Paris).
- LAPADU-HARGUES P. (1958). - Observation à propos des amphibolites. *C.R. Som. S.G.F.*, Paris, 17 mars 1958, n° 6, pp. 132-133.
- LAPADU-HARGUES P. (1959). - A propos des massifs d'amphibolites du Limousin. *C.R. Som. S.G.F.*, Paris, 19 janvier 1959, n° 1, pp. 10-11.
- LAUBARD J.M. (1953). - Principaux types de struc-ture des schistes cristallins. (*Dipl. Et. Sup.*, Clermont-Ferrand).
- LAVOCAT R., ARAMBOURG C. et KIKOINE J. (1951). -

- Découverte du genre *Moeritherium* ANDREWS dans le Tertiaire continental du Soudan. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 2 juillet 1951, 233, n° 1, pp. 68-70.
- LEGOUX P. (1939). - Esquisse géologique de l'Afrique Occidentale Française. *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 4, p. 75, une carte géol. au 1/5 000 000.
- LOMBARD J. et NICOLINI P. (1959). - Courtes notes de sédimentologie à l'usage des géologues miniers. *Chron. Min. Rech. min.*, Paris, avril 1959, 27, n° 274, pp. 111-119, 6 fig., 4 tabl., biblio.
- LORÉTAN M. et GERBAL A. (1960). - Prospection du secteur Korsimogho-Ouahigouya de Bous-souma (Haute-Volta). (Rapport inédit, *B.R.G.M.* Dakar).
- MAIGNIEN R. (1958). - Le cuirassement des sols en Guinée. *Mém. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine*, Strasbourg, n° 16.
- MARVIER L. (1953). - Notice explicative de la carte géologique d'ensemble de l'Afrique Occidentale Française. *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 16, 160 p., une carte géol. au 1/6 000 000.
- MASCLANIS P. (1955). - Le Précambrien de la partie orientale de la boucle du Niger. (Thèse, Clermont-Ferrand). *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 24, 99 p., deux cartes géol. au 1/500 000.
- MEUNIER S. (1926). - Dictionnaire de Géologie (*Dunod*, Paris).
- MICHEL R. et BARBIER R. (1958). - Découverte d'une roche volcanique (andésite) dans la zone du Flysch des Aiguilles d'Arves. *B.S.G.F.*, Paris, 17 novembre 1958, (6), 8, n° 7, pp. 709, 714.
- MILLOT G. (1949). - Relations entre la constitution et la genèse des roches sédimentaires argileuses. *Géologie appl. et Prosp. minière*, Nancy, 2 n°s 2-3-4.
- MOLLY E.W. (1946). - L'horizon manganésifère de la moyenne Côte-d'Ivoire. *B.S.G.F.*, Paris, 20 mai 1946, (5), 16, n°s 4-5-6-, pp. 213-216.
- MONOD Th. et RICHARD-MOLARD J. (1950) - Une synthèse du Précambrien ouest-africain. *Bull. I.F.A.N.*, Dakar, avr. 1950, 12, n° 2, pp. 523-530.
- NICOLINI P. et LOMBARD J. (1959). - Courtes notes de sédimentologie à l'usage des géologues miniers. *Chron. Min. Rech. min.*, Paris, avr. 1959, 27, n° 274, pp. 111-119, 6 fig., 4 tabl., biblio.
- NIGGLI P. (1912). - Die Chloritoidschiefer der Gothaardtmassiven. *Beiträge Geol. Schw.*, Berne, Zürich.
- NIGGLI P. (1936). - Ueber Molekularnormen zur Gesteinberechnung. *B.S.M.P.*, Zurich, 16, n° 2, pp. 295-317.
- ORCEL J., RINNE J. et BERTRAND L. (1959). - La science des roches. (*Lamarre*, Paris), 3^e édition française.
- PALAUSI G. (1958). - Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des formations primaires au Soudan méridional et en Haute-Volta. (Thèse, Nancy), *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 33, 204 p.
- PALAUSI G., RADIER H. et DÉFOSSEZ M. (1957). - Données nouvelles sur les séries anciennes de la boucle du Niger (Soudan). *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 20, pp. 149-192.
- PERRIN R. et ROUBAULT M. (1937). - Les réactions à l'état solide et la géologie. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n° 1.
- PERRIN R. et ROUBAULT M. (1939). - Le Granite et les réactions à l'état solide. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n° 4.
- PERRIN R. (1958). - Réflexions nouvelles sur les diffusions et les minéraux de métamorphisme. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 1^o déc. 1958, 247, n° 22, pp. 1933-1937.
- de QUERVAIN F. (1928). - Zur Petrographie und Geologie der Taveyannaz-Gesteine. *B.S.M.P.*, Zurich, 8.
- RADIER H. (1957). - Le bassin crétacé et tertiaire de Gao, le détroit soudanais. *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 26, t. II.
- RADIER H., DÉFOSSEZ M. et PALAUSI G. (1957). - Données nouvelles sur les séries anciennes de la boucle du Niger (Soudan). *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 20, pp. 149-192.
- RAMBERG H. (1952). - (L'origine des roches métamorphiques et méasomatiques). (*University of Chicago Press*, Chicago), 317 p., traduction française J.Y. SKANVIC.
- RICE C.M. (1954). - Dictionary of geological terms (*Edwards Brothers*, Ann Arbor, Mich.).
- RICHARD-MOLARD J. et MONOD Th. (1950). - Une synthèse du Précambrien ouest-africain. *Bull. I.F.A.N.*, Dakar, avr. 1950, 12, n° 2, pp. 523-530.
- RINNE F. (1959). - La science des roches. (*Lamarre*, Paris), 3^e édition française, traduction L. PERVINQUIÈRES, revue par L. BERTRAND, avec compléments de L. BERTRAND et J. ORCEL.
- ROCCI G. (1955). - Formations métamorphiques et granitiques de la partie occidentale du pays reguibat (Mauritanie du nord). (Thèse, Nancy). *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 21, 2 t.

- ROCCI G. (1959). - Sur l'existence d'un complexe des granites intermédiaires et sa position dans l'ensemble des granitisations de l'Ouest africain. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 22 juin 1959, **248**, n° 2, pp. 3588-3590.
- ROCCI G. (1960). - Le massif du Tarraouadji (République du Niger). Etude géologique et pétrographique. *B.R.G.M.*, Dakar, *Note* n° 6.
- de la ROCHE H. (1957). - Eléments pour l'étude de la saussuritisation. *Mém. Inst. Scient. Madagascar*, (série D) **8**, pp. 217-223.
- de la ROCHE H. (1958 a). - Essai sur quelques problèmes du métamorphisme des séries silico-alumineuses. (*Service Géologique*, Tananarive).
- de la ROCHE (1958 b) H. - Métamorphisme des roches éruptives basiques et minéralisation cuprifère dans le nord-est de Madagascar (Groupe de Daraina). (*Service Géologique*, Tananarive).
- ROMBERG F. et GEYER R.A. (1956). - What is a gravity anomaly? *Oil Gas Journal*, Saint-Louis, Miss., **54**, n° 52, pp. 196-200. (*Traduction B.R.P.* - S.I.G. n° 1677).
- ROQUES M. (1941). - Les schistes cristallins de la partie sud-ouest du Massif central français. *Mém. expl. Carte géol. France*, Paris, 527 p.
- ROQUES M. (1945). - Les séries anciennes de la boucle du Niger, au Soudan. *B.S.G.F.*, Paris, 3 déc. 1945, (5), **15**, n°s 7-8, pp. 523-546.
- ROQUES M. (1948). - Le Précambrien de l'Afrique Occidentale française. *B.S.G.F.*, Paris, 20 déc. 1948, (5), **18**, n°s 8-9, pp. 589-628.
- ROQUES M. (1949). - Géologie de l'Afrique Occidentale Française. *Encyclopédie Coloniale et Maritime*, **5**, pp. 197-204.
- ROQUES M. (1951). - Observations nouvelles sur le Précambrien de l'Afrique Occidentale Française et du Togo. *S.G.P.M.*, Dakar, *Rapport annuel* 1951, pp. 22-26.
- ROQUES M. et DIDIER J. (1959). - Sur les enclaves des granites du Massif central français. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 23 mars 1959, **248**, n° 12, pp. 1839-1841.
- ROQUES M. et JUNG J. (1936). - Les zones d'iso-métamorphisme dans le terrain cristallophyllien du Massif central français. *Revue des Sc. Nat. d'Auvergne*, Clermont-Ferrand, **1**, n°s 4, 50 p., 21 fig.
- ROQUES M. et JUNG J. (1952). - Introduction à l'étude zonéographique des formations cristallophylliennes. *Bull. Serv. Carte Géol. France*, Paris, **50**, n° 235, pp. 1-62, 25 fig.
- ROUBAULT M. (1958). - Observations sur la composition chimique d'un cristal de microcline perthitique. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 27 oct. 1958, **247**, n° 17, pp. 1355-1358.
- ROUBAULT M. et BERTRAND L. (1936). - L'emploi du microscope polarisant. (*Lamarre*, Paris).
- ROUBAULT M. et PERRIN R. (1937). - Les réactions à l'état solide et la géologie. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n° 1.
- ROUBAULT M. et PERRIN R. (1939). - Le granite et les réactions à l'état solide. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n° 4.
- ROUTHIER P. (1954). - A propos des gîtes de manganèse de Nouvelle-Calédonie. *C.R. Som. S.G.F.*, Paris, 17 mai 1954, n°s 9-10, pp. 198-200.
- RUS'KO Ju.O. (1957). - (Sur les associations de minéraux argileux des dépôts jurassiques de la bordure nord-occidentale du bassin du Donetz et des parties contiguës de la dépression de Dniepre-Donetz) en ukrainien, résumé russe et angl.. *Dop. Akad. Nauk Ukraïn. R.S.R.*, Kiev, n° 3, pp. 306-309 (*Analyse dans Bull. signalétique du C.N.R.S.*, **19**, n° 9, p. 37).
- SAGATZKY J. (1946) - Notice explicative sur la feuille Tenkodogo-ouest. (*S.G.P.M.*, Dakar).
- SAGATZKY J. (1947). - Notice explicative sur la feuille Tenkodogo-est. (*S.G.P.M.*, (Dakar).
- SAGATZKY J. (1954). - La géologie et les ressources minières de la Haute-Volta méridionale. (*Thèse*, Nancy, 1950). *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 13, 225 p.
- SAGATZKY J. (1959). - Contribution à l'étude géologique de l'île Espiritu Santo (Nouvelles Hébrides). - 2. Roches volcaniques. *B.S.G.F.*, Paris, 9 nov. 1959, (7) **1**, n° 6, pp. 588-593.
- SAWYER A.W. (1901). - The Tarquah goldfield Gold Coast (West Africa). *Trans. Inst. Min. Engineers*, Londres, **22**, p. 402.
- SEDERHOLM J.J. (1907). - Om granite och gneiss, deras uppkomst, utträdande och utbredning inom urberget i Fennoscandia. (Granite et gneiss, leur origine, leurs relations et leurs affleurements dans le bouclier finno-scandinave) en suédois, résumé angl.. *B.C.G.F.*, Helsinki, n° 23.
- SERPOKRYLOW S. (1934). - Carte géologique du Plateau de Bandiagara et de la Plaine du Gondo, au 1/500.000. Notice explicative. (*S.G.P.M.*, Dakar).
- SERVICE H. (1943). - Le gisement de manganèse de N'Suta. *G.C.G.S.*, Accra, *Mém.* n° 5, pp. 1-32.

- S.G.P.M. (1958). - Analyses de roches silicatées de l'Afrique occidentale française. *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 27, 279.
- SINCLAIR J.H. (1918). - Sur l'âge des grès de la Guinée française. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 11 mars 1918, **166**, pp. 417-418.
- SOUGY J., AICARD P. et BLANCHOT A. (1958). Sur la position stratigraphique des grès de Fingoun (Niger). *C.R. Som. S.C.F.*, Paris, 3 nov. 1958, n° 13, pp. 297-299.
- SOULÉ de LAFONT D. (1955). - Le Précambrien moyen et supérieur de Bondoukou (Côte-d'Ivoire) *S.G.P.M.*, Dakar, *Bull.* n° 18, 168 p., 3 cartes géol.
- STILLE H. (1935). - Der derzeitige tektonische Erdzustand. *Preuss. Akad. Wiss. Phys. Math. Nat. Kl.* (13), pp. 179-219.
- STILLE H. (1936). - Wege und Ergebnisse der geologisch-tektonischen Forschung. *25 Jahr. Kaiser Wilhelm Ges.*, **2**, pp. 77-97.
- STRUNZ H. (1941). - Mineralogische Tabellen. (*Akad. Verlag*, Leipzig), 287, p. 73 fig.
- TERMIER H. et G. (1953). - Géologie et Pétrogénèse. *Serv. Carte géol. Algérie*, *Bull.* n° 2.
- TERMIER H. et G. (1954). - Formation des continents et progression de la vie. (*Masson*, Paris).
- TERMIER H. et G. (1956). - L'évolution de la lithosphère : 11 Orogénèse (deux tomes). (*Masson*, Paris).
- TESSIER F. (1959 a). - La latérite du Cap Manuel à Dakar et ses termitières fossiles. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 8 juin 1959, **248**, n° 23, pp. 3320-3322.
- TESSIER F. (1959 b). - Termitières fossiles dans la latérite de Dakar (Sénégal); remarques sur les structures latéritiques. *Ann. Fac. Sc.*, Dakar, **4**, pp. 91-132.
- TOURTELOT H.A. (1960). - Origin and use of the world « shale ». *Amer. Journ. of Science*, New Haven (Conn.), n° 258-A, pp. 335-343.
- TURNER F.J. (1948). - Evolution structurale et minéralogique des roches métamorphiques. *Geol. Soc. America*, New York, *Mém.* n° 30. (*Traduction partielle* J. GUIGUES et L. LAPLAINE, *Service géologique*, Tananarive).
- TURNER F.J. et VERHOOGEN J. (1951). - Igneous and metamorphic petrology. (*McGraw-Hill*, New York), 602 p.
- TURNER F.J., FYFE W.S. et VERHOOGEN J. (1958). - Metamorphic reactions and metamorphic facies. *Geol. Soc. America*, New York, *Mém.* n° 73.
- TYRELL G.W. (1950). - Principles of petrology. (*E.P. Dutton*, New-York).
- VERHOOGEN J. et TURNER F.J. (1951). - Igneous and metamorphic petrology. (*McGraw-Hill*, New York), 602 p.
- VERHOOGEN J., FYFE W.S. et TURNER F.J. (1958). - Metamorphic reactions and metamorphic facies. *Geol. Soc. America*, New York, *Mém.* n° 73.
- VUAGNAT M. (1943). - Les grès de Tavennayaz du val d'Ille et leurs rapports avec les roches éruptives des Gêts. *B.S. M.P.*, Zurich, t. XXIII, p. 353.
- WEGMANN C.E. (1948). - Remarques sur le métamorphisme régional. *Geol. Rundschau*, Stuttgart, t. 1948, op. 41-47.
- WEGMANN C.E. (1948). - Transformations métasomatiques et analyse tectonique. *XVIII^e session, Congrès géol. inter.*, Londres, t. III, pp. 45-51.
- WEGMANN C.E. (1930). - Ueber Diapirismus, besonders im Grundgebirge. *B.C.G.F.*, Helsinki, **92**, pp. 58-76. (*Traduction* J. RANOUX, *Serv. Carte géol. Algérie*, doc. n° 18, 14 p.).
- WEGMANN C.E. (1931). - Ueber einige Deformationen und Bewegungstypen im talliner Schiefer. *B.C.G.F.*, Helsinki, **93**, pp. 40-54.
- WEGMANN C.E. (1935). - Ueber einige Fragen der Tiefentektonik. *Geol. Rundschau*, Stuttgart, **26**, n° 6, pp. 448-451.
- WEGMANN C.E. (1935). - Zur Deutung der Migmatite. *Geol. Rundschau*, Stuttgart, **26**, n° 6, pp. 305-350. (*Traduction* M. LELUBRE, *Serv. Carte géol. Algérie*, doc., n° 4).
- WHITELAW C.A.L. (1929). - Caractères géologiques et miniers du champ aurifère de Tarkwa-Abosso (avec rapport sur l'examen au microscope des roches du champ aurifère de Tarkwa-Abosso, par N.R. JUNNER). *G.C.G.S.*, Accra, *Mém.* n° 1.
- WINCHELL A. et H. (1956). - Elements of optical mineralogy. An introduction to microscopic petrography. (*John Wiley and sons*, New York), 4^e éd.
- WINKLER H.G.F. (1960). - La genèse des granites et de granodiorites à partir d'argiles. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 8 fév. 1960, **250**, n° 6, pp. 1088-1091.
- WITSCHARD F. (1959). - Etude géologique du gisement de magnétite de Hoka. (Rapport inédit, *B. R. G. M.*, Dakar).

INDEX ALPHABÉTIQUE DES LIEUX CITÉS

LOCALITES	Long. (1)	Lat.	(2)	LOCALITES	Long. (1)	Lat.	(2)
Abchouya.....	1° 3'	12°38'	OS	Bamlikédi.....	0°34'	14°15'	ON
Alfiré.....	0°37'	13°12'	OS	Bangao.....	0°15'	14°46'	ON
Andem.....	1°14'	12°46'	K	Bani.....	0°10'	13°43'	L
Andkanda.....	2°15'	13°58'	ON	Baraboullé.....	1°51'	14°13'	ON
Ara.....	0°56'	14°19'	ON	Batondo.....	2°35'	12°07'	T
Arbole.....	2°01'	12°51'	Y	Bavillers.....	2°40'	12° 6'	T
Aribinnda.....	0°52'	14°14'	ON	Bazoulé.....	1°43'	12°19'	OS
Babirka.....	0°11'	13°47'	L	Beghndré.....	1°21'	13°19'	K
Baganapo.....	2°34'	12°01'	T	Béguentigué.....	2°12'	14° 4'	ON
Baghamini.....	1°33'	12° 1'	OS	Beldiabé (mare).....	0° 8'	14°46'	ON
Baghsalogo.....	1° 3'	13°25'	K	Béli (oued).....			ON
Bâgou.....	1°26'	14°15'	ON	Bélogho.....	0°34'	13°46'	ON
Bahniaga.....	0° 6'	13° 7'	OS	Bélogotenga.....	0°54'	12°30'	OS
Bakou.....	2° 0'	13°22'	OS	Béndogo.....	0°51'	12°35'	OS
Balliata.....	0° 6'	14°17'	ON	Bilanga.....	0° 2'	12°32'	OS
Bam.....	1°31'	13°22'	K	Bila Yanga.....	0° 7'	12°27'	OS
Bamga (Liptako).....	0° 4'	13°53'	L	Biliga.....	1°22'	13°21'	K
Bamga. (colline).....	1°14'	14°13'	ON	Bini.....	1°12'	13°46'	ON

1. Ouest méridien de Greenwich, sauf indication contraire (E)

2. Indication de la coupure :

- O = feuille Ouagadougou au 1/500 000
- ON = moitié nord ; OS = moitié sud
- K = feuille Kaya-Kongoussi au 1/200 000
- L = feuille Liptako au 1/200 000
- T = feuille Ténado au 1/125 000
- Y = feuille Yako au 1/125 000
- S = esquisse structurale au 1/1 000 000

LES FORMATIONS CRISTALLINES ET MÉTAMORPHIQUES DU CENTRE ET DU NORD DE LA HAUTE-VOLTA

LOCALITE	Long. (1)	Lat.	(2)	LOCALITÉ	Long. (2)	Lat.	(2)
Binngo.....	1°50'	12°18'	OS	Daouaka.....	0°54'	12°24'	OS
Bioungo.....	0°21'E	12° 4'	S	Daouré.....	1°54'	14° 8'	ON
Bisguy.....	1°56'	13°20'	OS	Dapadma.....	0°57'	12°18'	OS
Bis Palgha.....	1°27'	13°11'	K	Dapouri.....	1°49'	12° 4'	OS
Bisri.....	1°14'	12° 6'	OS	Darbité.....	1°27'	13°20'	K
Bissia.....	1°30'	13°11'	K	Darigma.....	1°32'	13°24'	K
Boboulo.....	2°11'	12°51'	Y	Darkoye.....	0° 5'	14°42'	ON
Bogandé.....	0° 9'	12°58'	OS	Datari.....	1° 4'	12°52'	K
Boila.....	0°41'	12°52'	OS	Datenga = canton dont le chef-lieu est Zimetanga.			
Bokin (Mané).....	1°22'	13° 6'	K	Dazégha (<i>lieu-dit</i>).....	1°28'	12°59'	K
Bokin (Téma).....	1°48'	13° 0'	OS	Dédougou.....	3°28'	12°28'	
Bônâam.....	0°37'	12°47'	OS	Deibanga (<i>inhabité</i>).....	0°2'E	14°50'	ON
Bonga.....	2°43'	11°57'	T	Dem.....	1°10'	13°12'	K
Boromo.....	2°56'	11°45'	S	Déou.....	0°43'	14°36'	ON
Bossé.....	0°51'	14°26'	ON	Dhemniouinndiol ou Dhemnoëllé ou Dhemnoëndé			
Botogho.....	1°17'	13°50'	ON		0°29'	13°52'	ON
Bouandra.....	0°35'	13° 8'	OS	Diabo.....	0° 2'	12° 1'	OS
Boulcon.....	1°58'	12°56'	OS	Diamon-Ouairé.....	0°55'	14°27'	ON
Bouloye.....	0°24'	14°41'	ON	Diatou.....	0° 4'	13°48'	L
Boulquenga.....	0°24'	13°44'	ON	Didir.....	2°38'	12°34'	
Boulsa.....	0°33'	12°40'	OS	Diédédandé.....	0°36'	14°34'	ON
Boulsi.....	1° 1'	12°58'	K	Diéré.....	1°47'	12°58'	OS
Boulwrado.....	0°45'	12°26'	OS	Diguilla-Natenga.....	1°16'	13° 8'	K
Bouré.....	2°18'	12°44'	Y	Dim.....	2°31'	13°43'	ON
Bourégui.....	0° 6'	13°50'	L	Dimmaré (Dori).....	0° 2'	14° 2'	L
Bourgou.....	0° 9'	13°10'	OS	Dinangourou.....	2°15'	14°27'	ON
Bouria.....	2°10'	12°49'	Y	Dinnguilgha.....	1°42'	13°24'	K
Bouroum.....	0°39'	13°36'	ON	Diouga.....	0° 7'	13°45'	L
Bourzanga.....	0°33'	13°41'	ON	Diouroum.....	3° 6'	13° 0'	OS
Boussé.....	1°54'	12°39'	OS	Ditguiel.....	1°53'	14°26'	ON
Boussou.....	2°34'	13° 2'	OS	Djibo.....	1°38'	14° 6'	ON
Boussouma.....	1°32'	13°13'	K	Dofènegha-Tanséggha....	1° 1'	13°17'	K
Cailnes.....	2°45'	14° 3'	ON	Dollé.....	1°17'	12°57'	K
Calio (Ouanga).....	0°22'	13°33'	ON	Donsé (Roncin).....	1°25'	12°35'	OS
Callio.....	2°37'	12° 7'	T	Dori.....	0° 2'	14° 2'	ON
Cinémaïdio.....	0°37'	13°53'	ON	Doudou.....	1°32'	12°10'	T
Conan.....	2°14'	12°46'	Y	Douentza.....	2°57'	15° 0'	ON
Conquistenga = canton dont le chef-lieu est Zoëtgomdé.				Doumtenga.....	1°15'	13°14'	K
Cordier (Kouarguié)....	2°22'	12°35'	OS	Essosso (Réo).....	2°29'	12°20'	T
Dablo.....	1°11'	13°43'	ON	Fada-Ngourma.....	0°21'E	12° 4'	S
Dablo-Bini.....	1°12'	13°46'	ON	Fadar-Fadar.....	0°31'	15° 1'	S
Dacula (<i>monts</i>).....	2°18'	12°43'	OS	Fatin.....	0°57'	12°56'	K
Dahla.....	1°16'	13° 6'	K	Férétaka.....	1°37'	14°29'	ON
Dakouéghatenga.....	1°30'	13°23'	K	Fételkotia.....	0°38'	14°19'	ON
Dala.....	0°57'	14°16'	ON	Fétépol.....	1°41'	14°18'	ON
Dalinnga.....	0°13'	14°47'	L	Filio.....	1°17'	14°17'	ON
Dambogadié.....	0°43'	14°32'	ON	Firgoum.....	0°53'E	14°48'	S
Damkargo-dagha.....	0°33'	13°28'	OS	Fiti (<i>lieu-dit</i>).....	0°22'	14°47'	ON
Danogho.....	1° 1'	12°39'	OS	Foré (Horé).....	1°41'	13°17'	K

LOCALITÉ	Long. (1)	Lat.	(2)	LOCALITÉ	Long. (1)	Lat.	(2)
Foulgho = région peuplée de Foulsé, située à la limite des cercles de Kongoussi, Djibo et Ouahigouya.				Guibaré.....	1°36'	13° 6'	K
Foulla.....	1° 0'	12°48'	K	Guiddoye.....	0°23'	14°25'	ON
Gâ.....	1°17'	13°12'	K	Guienghé.....	0°52'	12°26'	OS
Gaïgou.....	0° 2'	14°18'	ON	Guiguy.....	2°42'	12° 5'	T
Galva é.....	1° 6'	12°54'	K	Guilla.....	1° 2'	12°55'	K
Gan.....	2°53'	13°15'	OS	Guioumo.....	1°21'	14°35'	ON
Gandado.....	2°15'	12°49'	Y	Guïptenga.....	0°53'	12°54'	K
Gandé.....	0°57'	12°39'	OS	Guiri.....	2°11'	14°19'	ON
Gangafani.....	2°24'	14°23'	ON	Hanwi.....	1° 3'	12°51'	K
Gangaol.....	0° 6'	13°47'	L	Hègha.....	1°19'	13° 5'	K
Gangarguy.....	1° 8'	12°55'	K	Hôka.....	1° 6'	14°32'	ON
Ganzourgou = cercle dont le chef-lieu est Zorgho.				Holléré.....	0°26'	13°43'	ON
Gaongho.....	1°10'	12° 0'	OS	Hombo.....	2°53'	14° 4'	ON
Gaoua.....	1° 7'	13° 7'	K	Houbandé.....	0°41'	13°43'	ON
Garango.....	0°34'	11°48'	OS	Houbé.....	0°56'	13°52'	ON
Gargani.....	0° 5'	14°47'	ON	Ibi.....	2° 0'	12°49'	OS
Gargassa.....	0°39'	14°44'	ON	Iboghô.....	0°51'	11°55'	OS
Gaskinndé.....	1° 4'	14°32'	ON	Igondra.....	1°47'	13°36'	ON
Gassel.....	0°40'	14°18'	ON	Iliallé.....	2°19'	12°46'	Y
Gassénaye.....	2°26'	14°12'	ON	Ilyalla.....	1° 0'	12°49'	K
Gassé Yougo.....	0°50'	14°16'	ON	Imiougou (Boussouma).....	1°18'	12°54'	K
Godé.....	2°21'	11°58'	OS	Imiougou (Riziam).....	1°32'	13° 9'	K
Godin.....	2°18'	12°23'	OS	Inata Gorguiéli.....	1°22'	14°22'	ON
Godo.....	2°31'	12° 1'	T	In Guiguit.n.....	0° 2'	14°50'	ON
Goffa.....	1° 5'	12°52'	K	Inngané.....	2°13'	14°57'	ON
Gofila.....	1°10'	12°59'	K	In Souas.....	0° 1'	14°51'	ON
Goghré.....	1°34'	13° 5'	K	Ipendo.....	2°18'	12° 0'	OS
Gombré.....	1°54'	13° 9'	OS	Irma.....	2°10'	14°38'	ON
Gomdé.....	1°11'	14°26'	ON	Kabiya.....	0°11'E	14°51'	ON
Gomnoukoubé.....	0°51'	14°22'	ON	Kabou.....	2°14'	12°50'	Y
Gongouré.....	1°55'	13°11'	OS	Kadiétiobodié.....	2°31'	14° 7'	ON
Gorgadji.....	0°31'	14° 2'	ON	Kalitagha.....	0°33'	13° 8'	OS
Gorin.....	1°26'	13° 6'	K	Kalomba.....	0°32'	13°44'	ON
Gorom-Gorom.....	0°14'	14°27'	ON	Kalsaka.....	1°59'	13°11'	OS
Gorouol Daké.....	0°56'	14°37'	ON	Kannabin (<i>inhabité</i>).....	0°26'	12° 0'	OS
Gorouolkolé.....	0°12'	13°50'	L	Kaongossargo.....	0°49'	13° 0'	OS
Gouba.....	0°39'	14°35'	ON	Karga.....	0° 5'	13°49'	L
Goudry (Boussouma).....	0°54'	12°57'	OS	Kargo.....	1°31'	13°30'	O
Goudry (Imiougou).....	1°16'	12°50'	K	Karka.....	0°45'	13°13'	OS
Goungla.....	1°34'	13° 9'	K	Kassan.....	3° 1'	12°59'	OS
Gounguin.....	0°59'	12°37'	OS	Kaya.....	1° 5'	13° 6'	K
Gountouré Ibirdi.....	0° 8'	14°25'	ON	Kayao.....	1°51'	12° 1'	OS
Gountouré Niénié.....	0°49'	14°44'	ON	Kel Eguieuf.....	0°10'	14°27'	ON
Gountouwala.....	0°33'	14°28'	ON	Kelguiéna.....	1°24'	14°22'	ON
Gourcy.....	2°22'	13°13'	OS	Kiembara.....	2°44'	13°14'	OS
Guéléha.....	0°49'	14°38'	ON	Kinndi.....	2°10'	14°13'	ON
Guesselna.....	0°44'	14°26'	ON	Kiri.....	3° 1'	13°58'	S
				Kirigtenga.....	1°14'	13°11'	K
				Kirsi.....	1°56'	13° 2'	OS
				Kissi.....	0°10'	14°38'	ON

LES FORMATIONS CRISTALLINES ET MÉTAMORPHIQUES DU CENTRE ET DU NORD DE LA HAUTE-VOLTA

LOCALITÉ	Long. (1)	Lat.	(2)	LOCALITÉ	Long. (1)	Lat.	(2)
Koakin	1°21'	12°57'	K	La Titan.....	2°27'	12°49'	OS
Koala	0° 8'	13°25'	OS	Lay	2°33'	13°27'	OS
Kobou	1°30'	14°43'	ON	Layan (<i>colline</i>).....	0°57'	14°41'	ON
Koëdogo	0°43'	13° 6'	OS	Léhourba	1°21'	13°14'	K
Koïré Zèna.....	0° 2'	14°22'	ON	Lélégor.....	1° 0'	14°11'	ON
Kokologo	1°53'	12°12'	OS	Lelkom.....			
Kolel	0°26'	14°33'	ON	Lessam	1°56'	14°11'	ON
Kombissiri	1°20'	12° 4'	OS	Liguidi-Manegham	0°22'	12° 5'	OS
Komsilgha	1°38'	12°11'	OS	Lilingo	0° 7'	14°30'	ON
Komsim	1° 7'	12°55'	K	Limbéré	2°31'	14° 8'	ON
Kondin.....	1°51'	13° 1'	OS	Limnoghin.....	1°11'	12°28'	OS
Kongoussi	1°32'	13°19'	K	Lioula.....	0°27'	12°48'	OS
Korno.....	0°11'	14°11'	ON	Lioulgou	0°22'	12° 1'	OS
Koro	3° 4'	14° 2'	S	Liptako : nom du canton central du cercle de Dori			ON
Korsimogho.....	1° 4'	12°49'	K	L'Ombraie	1° 4'	12°50'	K
Kosgho.....	1°55'	13° 0'	OS	Lomré	0°56'	12°56'	K
Kossoudougou	0°13'	12°56'	OS	Lonnti	1°21'	13° 4'	K
Kotoulgoum	0°27'	13°40'	ON	Lossa	2°18'	13°59'	ON
Kottia	0° 2'	12°58'	OS	Louda.....	1° 5'	13° 0'	K
Kouamtigué.....	1°31'	13°41'	ON	Lougma.....	1° 7'	12°53'	K
Koudga	0°10'	13°17'	OS	Loumbila	1°23'	12°31'	OS
Koudougou.....	2°22'	12°15'	OS	Malbo.....	0°11'	13°54'	L
Kouékomba	0°11'	14° 2'	L	Malléré.....	0° 5'	13°58'	L
Kougloulgha	1° 1'	13°52'	ON	Mané	1°21'	12°59'	K
Kougri (<i>indabité</i>).....	1° 5'	12°23'	OS	Manéboulli	1° 5'	14°35'	ON
Kougrizougou	1° 5'	12°49'	K	Manga	1° 4'	11°40'	S
Kougsabla-Nakomsé	1°17'	12°56'	K	Mankarga.....	0°45'	12° 3'	OS
Kougsabla-Saba	1°18'	12°56'	K	Mantouellé	2°27'	12°30'	T
Koukoulkoila	2°31'	12°18'	T	Markoye.....	0° 2'E	14°39'	ON
Koulinié.....	1°42'	13°14'	K	Massa	0°10'	12°53'	K
Koulponsogo	0°39'	13°25'	OS	Mené	2°19'	13°51'	ON
Koumbaongho	1°34'	13°26'	K	Mogotédo	0°50'	12°17'	OS
Koumbouri	2°25'	13°51'	ON	Morédagha	0°41'	13° 3'	OS
Kouna	1°14'	14°46'	ON	Moun	3° 1'	11°59'	OS
Koundiri (<i>mare</i>).....	1°32'	14°35'	ON	Moussaye (<i>colline</i>)	0° 1'	14°36'	ON
Kounia	1°47'	14°30'	ON	Nabmassa	1°28'	13° 3'	K
Kouni-Kouni (<i>collines</i>)..	0°30'	14°34'	ON	Naftenga	0°23'	12° 7'	OS
Koupèla (Imiougou).....	1°18'	12°51'	K	Nahari	0° 8'	12°55'	OS
Koupèla (Sarba).....	0°21'	12°11'	OS	Nahrétounga	1°46'	12°46'	OS
Kourfadié (<i>inhabité</i>)....	1°18'	14°27'	ON	Nakab (<i>inhabité</i>).....	1° 9'	12°45'	OS
Kourgou	0°46'	12°21'	OS	Nakoalba	1°22'	12°50'	OS
Kouri.....	0° 4'	12°39'	OS	Nakou	0°10'	13°53'	L
Koury.....	0° 8'	13°54'	L	Nanogho	2°11'	12°41'	OS
Koutaka	2° 5'	14°23'	ON	Nan-Ouayan	0°47'	12°18'	OS
Koutougou	1° 1'	14°30'	ON	Napamboumbou	1°16'	12°53'	K
Kya (Tierba).....	2°40'	12°39'	OS	Nariou	2° 9'	12° 6'	OS
Labka (<i>montagne</i>).....	0°27'	14 25'	ON	Nassemtega	1° 8'	13° 0'	K
Lago	2°30'	13°20'	OS	Niafo	1° 3'	14° 6'	ON
Lallé	1°51'	12°35'	OS	Niakado	2° 4'	12°16'	OS
Lamdampol.....	0°24'	13°46'	ON	Niangala.....	1°53'	12°59'	OS
Lantagha	2° 7'	12°46'	Y				

LES FORMATIONS CRISTALLINES ET MÉTAMORPHIQUES DU CENTRE ET DU NORD DE LA HAUTE-VOLTA

LOCALITÉ	Long. (1)	Lat.	(2)	LOCALITÉ	Long. (1)	Lat.	(2)
Nignon	2°33'	12°30'	OS	Pitenga	1°41'	13°12'	K
Nimbo	2°36'	13°50'	ON	Po (Thion-Po).....	2°36'	12°18'	T
Niniguy	2°22'	13°54'	ON	Poa	2° 6'	12°13'	OS
Ninnougou	0°28'	13°10'	OS	Pofana	1°41'	13° 2'	K
Niogossé	1° 3'	1° 48'	K	Pogoro	1°48'	13°37'	ON
Niogotenga	0°55'	12°42'	OS	Pokoldiamé	0°55'	14°29'	ON
Nioramga	1°18'	13°22'	K	Posso	2°15'	13°58'	ON
Nobieul	0°18'	14° 1'	L	Poun (Pouni).....	2°37'	12°28'	OS
Nogoirpoulou	2°46'	12°25'	OS	Pouny	2°31'	11°58'	T
Nongofayeré	2°10'	13°29'	ON	Quoidemain	2°39'	12° 2'	T
Noussou	2°17'	12°47'	Y	Raguitenga.....	1° 6'	12°48'	K
Nyandra	1° 0'	12°53'	K	Ramessoum	1°58'	12°51'	OS
Ombraie (I').....	1° 4'	12°50'	K	Rassamtoumdé	2° 7'	12°49'	Y
Ouagadougou	1°31'	12°22'	OS	Réga	2°33'	13°22'	OS
Ouagoulé.....	0°50'	12°40'	OS	Réo (Zyo).	2°39'	12°19'	T
Ouahigouya (Boussouma)	0° 5'	12°55'	K	Rio (Dio).....	2°38'	13°20'	OS
Ouahigouya (Yateng)...	2°25'	13°55'	ON	Riziam	1°35'	13°19'	K
Ouapogho	0° 4'	12°46'	OS	Rollo.....	1°42'	13°36'	ON
Ouarga (colline).....	0°32'	14°33'	ON	Rondo	1°57'	13°14'	OS
Oudalan : nom du canton septentrional du cercle de Dori.....			ON	Rouni	1°45'	13°18'	K
Oueldé.....	0° 7'	14°12'	ON	Saba.....	1°25'	12°22'	OS
Ouéotenga.....	0°55'	12°21'	OS	Saba (collines).....	0°44'	14°44'	ON
Ougha	1°15'	12°58'	K	Sabou	2°14'	12° 4'	OS
Ouin	1° 0'	12°21'	OS	Sabouna	2°19'	13°48'	ON
Ouinghian	1° 5'	12°56'	K	Sabouri	1° 5'	12°44'	OS
Ouinntini	1°21'	13°13'	K	Sabsé	1°32'	13°12'	K
Oukoulourou	0°58'	14°27'	ON	Sacoinsé	0°39'	12° 6'	OS
Oulfo-Alfa	0°34'	14° 6'	ON	Sadba	1°20'	12°48'	OS
Oursi	0°28'	14°41'	ON	Sadouré	1° 3'	13°28'	K
Pabré	1°35'	12°31'	OS	Sala.....	2° 7'	13° 6'	ON
Pana.....	0°56'	12°56'	K	Salabo	1°28'	12°57'	K
Pankélé.....	2°53'	12°38'	OS	Sam	1°41'	13°25'	K
Pèla.....	2°17'	12°44'	Y	Samba	2°22'	12°40'	Y
Pélé.....	2°29'	12°32'	OS	Sambogha	0°58'	12°44'	OS
Pèlchonté	0°45'	13°57'	ON	Sanguié	2°32'	12°21'	T
Péokoye	0°14'	14° 0'	L	Sanquoué	2°58'	12°34'	OS
Perquoi	2°35'	12°23'	T	Santaba	1°16'	13°15'	K
Petite Suisse (lieu-dit) ..	1° 1'	12°21'	OS	Santakoudgho.....	1°15'	13°17'	K
Pétobalé	0°15'	13°54'	L	Saou	3° 1'	12°16'	OS
Pctogo	0°37'	13°29'	OS	Saouana.....	1° 8'	12°36'	OS
Pétoye	0°22'	14°35'	ON	Saouga.....	0° 9'	14°22'	ON
Pibaoré	0°49'	12°54'	OS	Sapagha.....	0°26'	2°11'	OS
Pilaka.....	0°47'	12° 6'	OS	Sapala (Zéoua).....	2°41'	12°42'	OS
Pilimpikou	2°15'	12°42'	Y	Sargo	1° 2'	13°13'	K
Pinsa.....	0°49'	13°38'	ON	Saria	2° 9'	12°17'	OS
Pissi	0°22'	13° 2'	OS	Satin	1°12'	12°31'	OS
Pissila	0°49'	13°10'	OS	Séguenéga	1°58'	13°26'	OS
Pissin	1°14'	13°15'	K	Selba (mare).....	1°40'	14°28'	ON
				Semapou	2°30'	12°25'	T
				Sérédir.....	1°48'	12°58'	OS

LES FORMATIONS CRISTALLINES ET MÉTAMORPHIQUES DU CENTRE ET DU NORD DE LA HAUTE-VOLTA

LOCALITÉ	Long. (1)	Lat.	(2)	LOCALITÉ	Long. (1)	Lat.	(2)
Serkissouma (<i>mare</i>).....	1°17'	13°54'	ON	Tchériba	3° 4'	12°16'	S
Sia	2°50'	13°26'	OS	Téma.....	1°46'	13° 3'	K
Sian	1°13'	13° 5'	K	Ténado.....	1°36'	12°12'	T
Sibilendé	0° 5'	13°48'	L	Tenkodogo	0°22'	11°47'	S
Sibylla	1°13'	13° 5'	K	Thion	2°34'	12°17'	T
Sidougou.....	1° 5'	12°53'	K	Thiou	2°39'	13°48'	ON
Sika	1°23'	13°18'	K	Tibin.....	1°56'	12°52'	K
Sikré	0°44'	14°19'	ON	Tibo.....	2°10'	14° 6'	ON
Silgagha	1°20'	13°49'	ON	Tittenga	1°24'	13°17'	K
Silmidougou	1°25'	13° 1'	K	Tiécouyou	2°36'	11°59'	T
Sinnndiri	1°38'	13° 4'	K	Tifou.....	1°18'	13°16'	K
Sioudogo	1° 4'	12°52'	K	Tigana.....	0°57'	12°48'	K
Sirgui	1°14'	13° 2'	K	Tikaré	1°43'	13°17'	K
Sirigné.....	0°54'	14°18'	ON	Tilsio.....	2°31'	12°17'	T
Sirkango.....	0° 5'	14°17'	ON	Tin Agabès (<i>colline</i>).....	0°11'	14°32'	ON
Sissélé	2°47'	13°12'	OS	Tin Agadel.....	0° 1'	14°29'	ON
Soampiga (<i>colline</i>).....	0°37'	12°13'	OS	Tin Aidjar (<i>colline</i>).....	0°35'	14°40'	ON
Sodein	2°26'	13°42'	ON	Tin Akhaïmoud (<i>colline</i>)..	0°14'	14°31'	ON
Sofi (Tiofi).....	1°51'	14° 3'	ON	Tin Akof.....	0°10'	14°58'	ON
Solé (Tioli).....	2° 7'	14° 7'	ON	Tinidaoui.....	0°10'	13°24'	OS
Somnayalaga.....	1°56'	13°27'	OS	Tinié	1°28'	14°20'	ON
Sona	1°15'	14°21'	ON	Tinndila.....	2°15'	12°49'	Y
Sorodin	1°12'	13° 3'	K	Tinnguessouka.....	1° 3'	14°12'	ON
Soubeigha	0°54'	12°48'	K	Tinsé	1° 0'	12°46'	OS
Soula	0°15'	13°23'	OS	Tin Tabakat (<i>colline</i>).....	0°29'	14°29'	ON
Soulsi	1°23'	13° 4'	K	Tiogo	2°41'	12°11'	T
Soum (<i>mare</i>).....	1° 5'	14°47'	ON	Tioké.....	0°52'	13°54'	ON
Souma	1° 7'	14°26'	ON	Tion.....	0°19'	13° 4'	OS
Suisse (petite).....	0°59'	12°20'	OS	Tiou.....	2°12'	11°57'	OS
Tafoulane (<i>mare</i>).....	0° 9'	14°49'	ON	Tissé.....	2°58'	12° 5'	OS
Taghalla	1°13'	12°59'	K	Titao	2° 4'	13°46'	ON
Talemb ka.....	0°48'	12°18'	OS	Titim.....	2° 0'	12° 1'	OS
Tambao (<i>collines</i>).....	0° 4'E	14°47'	ON	To.....	2°58'	12°45'	OS
Tambifaogo	0°19'	13°22'	OS	Toma.....	2°53'	12°46'	OS
Tampelgha (Boussouma).....	1°14'	12°52'	K	Tongomayel	1°28'	14° 4'	ON
Tampelgha (Datenga)...	1°31'	13°29'	K	Touga (<i>mare</i>).....	0°36'	13°40'	ON
Tampelgha (<i>colline</i>).....	1°57'	13° 0'	OS	Tougan	3° 4'	13° 4'	S
Tandaga	1° 5'	12°54'	K	Tougouri.....	0°31'	13°19'	OS
Tanema	0°46'	11°56'	OS	Tougui	0°30'	12°45'	OS
Tangaye	0° 1'E	12° 5'	OS	Touka.....	0°14'	14°11'	ON
Tanlargo	1°19'	12°58'	K	Tounté	0°54'	14°39'	ON
Tanmiga	1°22'	13°17'	K	Tourcoingbam	0°31'	13°20'	K
Tanmiougou	1° 6'	12°51'	K	Tousma.....	1°25'	12°55'	K
Tanmissi	0°49'	12° 7'	OS	Toyordin.....	0°21'	13°13'	OS
Tanmounouma.....	2°30'	13° 3'	OS	Véla	2°12'	12° 2'	OS
Tansaboulgou.....	1° 4'	12°52'	K	Vipoalogo.....	1°45'	12° 8'	OS
Tanzéogo	1°28'	13° 7'	K	Vousnango.....	1°38'	13° 9'	K
Tanzoaka	1° 5'	12°52'	K	Yabo	1°30'	12°58'	K
Taparko	1°19'	13°29'	OS	Yako	2°15'	12°57'	Y
Tawremba	1° 7'	14° 0'	ON	Yalagatenga.....	1°54'	12°57'	OS

LES FORMATIONS CRISTALLINES ET MÉTAMORPHIQUES DU CENTRE ET DU NORD DE LA HAUTE-VOLTA

LOCALITÉ	Long. (1)	Lat.	(2)	LOCALITÉ	Long. (1)	Lat.	(2)
Yalanga	1° 3'	14°17'	ON	Zarankipsi.....	0°54'	14°41'	ON
Yalèma (<i>inhab.</i>)	1°16'	14°36'	ON	Zéghednoghho.....	1°19'	13°13'	K
Yalgha.....	1°26'	13°16'	K	Zèko.....	1°18'	13° 5'	K
Yalogo	0°16'	13°35'	ON	Zéoua.....	2°41'	12°42'	OS
Yaoghin.....	2° 6'	12°14'	OS	Zérédérin	0°27'	12°58'	OS
Yassane	0°47'E	14°55'	S	Zilemsomdé	0°28'	13°33'	ON
Yatakala.....	0°22'E	14°47'	S	Ziga.....	0°50'	12°38'	OS
Yayika	0°49'	12°12'	OS	Zimetanga.....	1°31'	13°26'	K
Yirim.....	1°46'	13°15'	K	Ziniaré.....	1°18'	12°35'	OS
Yonaré.....	0°25'	12°49'	OS	Zinimbéogo.....	0°44'	13°52'	ON
Yoro.....	2° 8'	14°17'	ON	Zoëtgomdé.....	2°12'	12°33'	OS
				Zogoré.....	2°35'	13°24'	OS
Zam.....	0°50'	12°20'	OS	Zomkalgha.....	1°53'	13°28'	K
Zamo.....	2°42'	12° 0'	T	Zorgho.....	0°37'	12°15'	OS
Zamsé.....	1°48'	13°27'	K	Zoungou	0°32'	12° 9'	OS
Zano	1°42'	13°21'	K	Zoungou-Tanséggha	0°31'	12° 7'	OS

Glossaire des noms géographiques et géologiques en langue möré

Afin de faciliter la tâche des géologues et des prospecteurs qui seront amenés à travailler dans le centre de la Haute-Volta, je donne ici un glossaire succinct des noms géographiques et géologiques que dix ans de pratique m'ont fait connaître. Les conventions phonétiques sont les mêmes que dans le chapitre *cartographie* (p. 26), avec, en plus le tréma : ä, ï, ö représentent des voyelles moins nasalisées que an, in, on, c'est-à-dire, approximativement, les sons qu'obtiennent involontairement les Européens quand ils sont enchifrenés. L'accent tonique se porte sur la voyelle en caractère gras.

bäka (ou **kodalem**) - mare naturelle ou lac.

baongho - vallée large, genre rizière.

bôdgho ou **bouadgha** (pl. **bôdsé**) - argile ocre : généralement faciès d'altération des schistes.

bôdmiougou ou **gormiougou** - argile rouge.

boko (pl. **boghdo**) - trou (par ex. puits de prospection).

bôllé (pl. **boala**) - argile d'altération des roches basiques, parsemée d'éboulis de ces roches, et souvent fendillée par suite de la dissolution du carbonate de chaux.

bou'ga (pl. **boulsi**) - puits.

boulli - mare artificielle.

dambré séongho (pl. **dambré sindo**) - latérite.

dassem piougou - espace de plusieurs hectares dépourvu de végétation ; en général cuirasse latéritique.

gôré (ou **gôdé** dans le cercle de Koudougou) - kaolin ou arène granitique (blanc ou clair, lorsque la couleur n'est pas précisée). Le mot n'a probablement aucune parenté étymologique avec le français « *gore* ».

gôpè'logo - arène blanche.

gôrmougou - argile rouge (peut provenir de l'altération des schistes ou de la latéritisation des arènes granitiques ; les deux faciès sont confondus)

gôrgongo - vallée encaissée.

kosséogo - vallée, thalweg.

koulgha (pl. **koulsé**) - rivière (pas nécessairement permanente, mais plus importante que **kosséogo**).

kougri (pl. **kougo** dans l'Yatenga et **kouga** partout ailleurs) - pierre.

kougbânnggho (collectif) - graviers.

kougbôgho (pl. **kougbôdo**) - schiste, en particulier schiste argileux (le mot n'est pas connu dans les régions granitiques).

kouglagha - bedrock.

kougpêlgha (pl. **koupêla** ou **kougpêlsé**) - « pierre blanche », c'est-à-dire quartz filonien (contrairement à ce qu'on croit généralement, le nom de la ville de Koupêla ne provient pas des affleurements de granite qui y sont nombreux, mais d'un filon de quartz que l'on peut voir, à la sortie de cette localité, sur le côté ouest de la route de Tenkodogo).

kougsablgha (pl. **kougsabla**) - « pierre noire », c'est-à-dire « roche verte » ou roche basique en général.

koutou - le fer.

lagha (pl. **lâ sé**) - récipient en général, par ex. batée.

liouggho (pl. **lido**) - seau.

nèhmnèdo (avec h aspiré) - mica blanc (le mot n'est connu que dans les régions où il y en a, c'est-à-dire essentiellement dans le Ganzourgou).

ouenzourfou - l'argent (métal).

pîga, ou **pîyo** dans l'Yatenga (pl. **pîssi**) - affleurement rocheux important, en général granite.

pîgoulounga - gneiss ou embréchite rubanée.

pîkyîngo - granite altéré.

pîmiougou - granite rose.

pïpelgha - granite de teinte générale blanche ou claire.

pï sablgha - toute roche sombre (terme sans valeur pétrographique).

sanem - l'or.

satempenndegha ou katrepennndegha ou ouatrepennndegha ou hatempennndegha (pl. -pénndsé) - filon de quartz.

satempennsablgha, etc - filon de quartz noir.

sidga - le manganèse (dans l'Yatenga).

soré (pl. souéyan) - sentier.

sokondré (pl. sokoanda) - piste entretenue.

tando - terre végétale.

tanga (pl. tansé) - colline; ne pas confondre avec taanga (pl. tamsé) - le karité (arbre).

tanmiougou (pl. tanmiga ou tanmidou ou tanmissi) - colline rouge (schistes).

tampèlgha (pl. tampélsé) - colline blanche (le terme peut désigner un filon de quartz, une colline de granite ou même une colline de roches basiques recouverte de chaumes qui lui donnent une apparence claire.

tansablgha - colline sombre (roches basiques).

tenga (pl. tinsé) - village.

yaghré (pl. yagha) - latérite (le mot est surtout utilisé à l'est du méridien 1°; à l'ouest, on dit plus souvent kougséongho, kougzalgha, dambré séongho ou zèka).

zèka ou zèko - suivant les régions, désigne la latérite ou l'argile latéritique.

zoumiougou - le cuivre.

Errata

Carte géologique au 1/500 000, feuille Ouagadougou

L'auteur n'ayant pas été autorisé à corriger les épreuves de la carte géologique au 1/500 000 en couleurs avant son impression, il en est résulté un certain nombre d'erreurs, surtout topographiques, qui sont signalées ci-dessous :

Moitié nord	<i>au lieu de :</i>	<i>lire :</i>
en haut et à gauche	1949-50, 1953-54	les levés ont été achevés en fév. 60
en haut et à droite	1 : 500 000 ^e	1/500 000
	1 000 000	1/1 000 000
1 = 14°46' ; L = 0°15'	mare Bangoa	mare Bangao
1 = 14°42' ; L = 0°15'	mare de Soukoundou	mare Sokoundou
1 = 14°42' ; L = 0°57'	Oulfare Diamme	Oulfaré Diammé
de 1 = 14°42' ; L = 0°55'	la tache B0 est colorée comme s'il s'agissait de 0B; or c'est bien un gabbro	
à 1 = 14°38' ; L = 0°51'	post-birrimien	
1 = 14°37' ; L = 1° 1'	Daore	Daoré
1 = 14°37' ; L = 1°16'	Yaléma	Yalèma
1 = 14°34' ; L = 0°37'	Diededande	Diédédandé
1 = 14°33' ; L = 0°44'	(filon resté en blanc)	μγ (microgranite)
1 = 14°33' ; L = 0°53'	Bamde Daniede	Bamdé Danédié
1 = 14°33' ; L = 1°49'	Bélé	Bèlè
1 = 14°32' ; L = 1°15'	Kérébouli	Kéréboulli
1 = 14°31' ; L = 0°44'	Dambogadie	Dambogadié
1 = 14°27' ; L = 0°55'	μγ ¹ (la tache devrait être colorée en rouge vermillon aplat)	
1 = 14°25' ; L = 0° 8'	Gountoure Ibirdi	Gountouré Ibirdi
1 = 14°22' ; L = 0°17'	Ménégou	Ménegou
1 = 14°22' ; L = 1°23'	Inata Gorguieli	Inata Gorguiéli
1 = 14°21' ; L = 1°24'	Kelguiena	Kelguièna
1 = 14°16' ; L = 1°27'	Ganiangue	Ganiangué
1 = 14°15' ; L = 1°31'	Sè	Seh
1 = 14°14' ; L = 0°52'	Arabinnda	Aribinnda
1 = 14°13' ; L = 1°59'	Pètegoli	Pétégoli
1 = 14°11' ; L = 1°43'	Ména	Mèna
1 = 14°10' ; L = 0°22'	mare Tin Ameniame	mare Tin Ameniame
1 = 14° 7' ; L = 1°43'	Borguiende	Borguiendé
1 = 14° 1' ; L = 0° 9'	Dengandé	Dengadé (1)

1. L'emplacement du village n'est pas indiqué.

$l = 14^{\circ} 1'$; $L = 1^{\circ} 59'$	Peténé	Péténé
$l = 14^{\circ} 1'$; $L = 2^{\circ} 47'$	<i>Ka In</i> et <i>Cailnes</i> sont deux orthographes du même nom (1)	
$l = 13^{\circ} 59'$; $L = 1^{\circ} 53'$	Fogoudé	Fogouddé
$l = 13^{\circ} 52'$; $L = 1^{\circ} 10'$	Kyelébo	Kyélebo
$l = 13^{\circ} 52'$; $L = 2^{\circ} 57'$	(nom omis)	Orodougou
de $l = 13^{\circ} 51'$; $L = 0^{\circ} 4'$	la tache aiB présente un figuré différent de celui qui est indiqué dans la	
à $l = 13^{\circ} 45'$; $L = 0^{\circ} 7'$	légende	
$l = 13^{\circ} 49'$; $L = 2^{\circ} 58'$	(nom omis)	Séré
$l = 13^{\circ} 47'$; $L = 3^{\circ} 1'$	(nom omis)	Timbiri
$l = 13^{\circ} 44'$; $L = 1^{\circ} 17'$	Laoda	Loada
$l = 13^{\circ} 42'$; $L = 2^{\circ} 54'$	(nom omis)	Souailma
$l = 13^{\circ} 41'$; $L = 2^{\circ} 59'$	(nom omis)	Gakou
$l = 13^{\circ} 36'$; $L = 1^{\circ} 52'$	Cairlins	Carlains

Entre les méridiens $1^{\circ} 20'$ et 2° , le tracé de la frontière Haute-Volta - Mali est erroné : à l'ouest de Toulfè et de Toussougo, la frontière passe à 1 ou 2 km à l'Ouest de la piste de Bannten, puis continue vers le Sud-Ouest où elle atteint la colline Lounguè. Au-delà de cette colline, elle suit le premier affleurement de grès, dénommé Tondigariol, passe au Sud de la mare Koundiri, puis au lieu-dit Kourfaybodédié, entre Kounia et la mare Gassa Boéoua et à 1 ou 2 km au Nord de Ditguiel. A l'Est du méridien 1° , les levés de l'auteur ne sont pas allés jusqu'à la frontière du Mali.

Les itinéraires de Pétégoli à Yoro, de Tibo à Yoro, de Zamné à Yoro, de Guiri à Guimini ($l = 14^{\circ} 22'$; $L = 2^{\circ} 22'$) et de Guimini à Kaydaré ont été partiellement omis sur la carte.

Moitié sud

	au lieu de :	lire :
$l = 13^{\circ} 28'$; $L = 2^{\circ} 1'$	Siligo	Sitigo
$l = 13^{\circ} 22'$; $L = 2^{\circ} 24'$	Bougounan	Bougounam
$l = 13^{\circ} 7'$; $L = 2^{\circ} 7'$	Berinnnga	Bérinnnga
$l = 13^{\circ} 6'$; $L = 0^{\circ} 47'$	(nom omis)	Roungou-Touéghin
$l = 12^{\circ} 50'$; $L = 1^{\circ} 58'$	Ramessoun	Ramessoum
$l = 12^{\circ} 48'$; $L = 2^{\circ} 25'$	Missian	Minissian
$l = 12^{\circ} 14'$; $L = 1^{\circ} 18'$	(filon resté en blanc)	Q (quartz)
$l = 12^{\circ} 13'$; $L = 1^{\circ} 32'$	Bassémyan	Bassémyam
$l = 12^{\circ} 5'$; $L = 2^{\circ} 9'$	Niarou	Nariou

Légende

SaoB	schistes amphiboliques, épidotes	amphiboloschistes, épidotites
$\mu\gamma^*$	microgranite (filon resté en blanc)	vermillon aplat (comme pegmatite et tourmaline)
	schiste magnésifère	schiste manganésifère

Pour des raisons indépendantes de la volonté du géologue, la légende topographique et la légende géologique générale n'ont pas été imprimées. Il est impossible de les reproduire ici en entier. Voici seulement l'explication des signes dont l'interprétation n'est pas évidente :

tiré bistre	= itinéraires du géologue (hors des routes et pistes)
double tiré bistre	= ancienne route (actuellement impraticable)
rectangle bistre	= campement (case de passage)
P.A.	= poste administratif
(A)	= lieu habité une partie de l'année

2. On trouve aussi, sur certaines cartes, *Kayn* ou *Kanhi* !

Les lieux inhabités (Cannabin, Nakabé, Kougri, Houlanga, etc.) sont écrits avec des caractères particuliers :

tiré noir long = contour géologique hypothétique ou mal connu

tiré noir court = séparation de faciès dans une même formation géologique

Les pendages sont exprimés en degrés.

Enfin, bien qu'il ne s'agisse pas d'erreurs à proprement parler, signalons que :

1° les roches ultrabasiqes birrimiennes (ωB , πB) sont figurées avec une teinte et une trame voisines de celles des roches basiques post-birrimiennes ($B\nu$, $B\theta$, $B\delta$, $B\mu\nu$, $B\mu\theta$), ce qui risque de causer des confusions ;

2° il y a une grande différence de coloration entre ν_a^s et les autres roches acides syntectoniques, alors qu'en fait il ne s'agit que d'une petite variation locale de composition.

Figure n° 8 (p. 18)

Légende au lieu de : Foulés lire : Foulsé

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	IX
Abstract	X
Resumo	XI
Zusammenfassung	XII

INTRODUCTION

Situation et limites de la région étudiée	I
---	---

GÉNÉRALITÉS	I
--------------------------	---

Travail sur le terrain	I
-------------------------------------	---

Dates.

Moyens matériels mis à la disposition de la mission.

Méthode de travail.

Temps passé au levé de carte.

Campements.

Utilisation des photos aériennes.

Travail de laboratoire	5
-------------------------------------	---

Dates.

Lames minces.

Sections polies.

Analyses chimiques.

APERÇU GÉOGRAPHIQUE DE LA RÉGION	6
---	---

Géographie physique	6
----------------------------------	---

Relief	6
--------------	---

Climat	7
--------------	---

Pluies

Vents

Températures

Hydrographie	14
--------------------	----

COURS D'EAU.

LACS.

Végétation naturelle	16
----------------------------	----

Régions naturelles	17
--------------------------	----

Géographie humaine.....	17
Population	17
DENSITÉ.	
RACES.	
a) <i>Sédentaires.</i>	
b) <i>Nomades et semi-nomades.</i>	
LANGUES.	
ORGANISATION COUTUMIÈRE.	
RELIGIONS.	
Activité économique.....	21
CULTURE.	
ÉLEVAGE.	
ARTISANAT.	
Divisions politiques et administratives.....	21
Voies de communication	22
Cartographie	24
Fond topographique	24
Toponymie	24
LOCALISATION DES NOMS GÉOGRAPHIQUES.	
SÉLECTION DES TOPONYMES POUVANT FIGURER SUR LA CARTE GÉOLOGIQUE.	
HOMONYMES.	
SYNONYMES.	
ORTHOGRAPHE DES TOPONYMES.	

APERÇU GÉOLOGIQUE

PROVINCE BIRIMIENNE	29
Historique de l'étude géologique de la province birrimienne.....	30
Les premières études (avant 1930).....	30
Les premières synthèses (de 1930 à 1940).....	31
La géologie ouest-africaine sous l'influence de M. ROQUES (après 1940).....	32
HAUTE-VOLTA	32
Travaux géologiques antérieurs	32
H. HUBERT.	
S. SERPOKRYLOW.	
J. SAGATZKY.	
L. BAUD.	
M. ROQUES.	
J. DELORME.	
P. MASCLANIS.	
M. DÉFOSSEZ, G. PALAUSI et H. RADIER.	

APERÇU DES FORMATIONS GÉOLOGIQUES DE LA RÉGION ÉTUDIÉE	36
Les formations sédimentaires	37
Description	37
LE SYSTÈME NIGÉRIEN.....	37
<i>Les grès de Diouroum.</i>	
<i>Les grès de Firgoun.</i>	
<i>Les schistes d'Yassane.</i>	
<i>La série dolomitique d'Irma.</i>	
<i>Les grès de Koutakā.</i>	
<i>Les schistes de Guiri.</i>	
<i>Les grès de Guiri.</i>	
<i>La série de Hombori-Douentza.</i>	
<i>Essai de stratigraphie.</i>	
LE CONTINENTAL TERMINAL	41
LES FORMATIONS RÉCENTES	41
<i>Alluvions.</i>	
<i>Latérite.</i>	
<i>Dunes.</i>	
Age des formations sédimentaires	43
<i>Système nigérien.</i>	
<i>Continental terminal.</i>	
<i>Latérite.</i>	
<i>Alluvions et dunes.</i>	
Le socle.....	45
Les formations métamorphiques	45
LE GROUPE DE RIZIAM.	
LA SÉRIE DE BAMGA.	
LA SÉRIE DE TOURCOINGBAM.	
LA SÉRIE DE L'LOUDALAN ORIENTAL.	
LE GROUPE DE DACOLA.	
Les roches cristallines.....	46
LES ROCHES CALCO-ALCALINES.	
<i>Caractères différentiels des types de granites calco-alcalins.</i>	
LES ROCHES ALCALINES.	
LES PLAGIOCLASOLITES.	
MESURES D'ANOMALIE GRAVIMÉTRIQUE	48
ANOMALIE DE BOUGUER.	
ANOMALIE RÉSIDUELLE.	
INTERPRÉTATION.	
<i>Variations locales de l'anomalie résiduelle.</i>	
<i>Variations régionales de l'intensité de la pesanteur.</i>	

LES FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES

DESCRIPTION	63
Groupe de Riziam.....	63
SITUATION DES AFFLEUREMENTS.	
CARACTÈRES GÉNÉRAUX	
Les schistes	64
SCHISTES ARGILEUX.	
SCHISTES TUFACÉS	
Roches d'importance secondaire dans le groupe de Riziam.....	66
QUARTZITES A MINÉRAI.	
QUARTZOPHYLLADES FERRUGINEUSES.	
QUARTZITES SÉRICITEUX.	
SÉRITOSCHISTES.	
Roches rares et exceptionnelles	67
TUFFS.....	67
GRAUWACKES	68
SCHISTES GRIS ET NOIRS	69
a) <i>Schistes graphiteux.</i>	
b) <i>Schistes manganésifères.</i>	
SCHISTES MICACÉS ET CHLORITEUX.....	70
a) <i>Micaschistes.</i>	
b) <i>Chloritoschistes.</i>	
ROCHES CARBONATÉES : <i>Calcochloritoschistes</i>	70
QUARTZITES	70
a) <i>Quartzites blancs.</i>	
b) <i>Quartzites pyriteux.</i>	
c) <i>Quartzites manganésifères.</i>	
d) <i>Quartzites à chlorite.</i>	
e) <i>Quartzites feldspathiques.</i>	
ROCHES A STAUROTIDE ET ANDALOUSITE	71
Série de Bamga.....	71
CARACTÈRES GÉNÉRAUX.	
SITUATION DES AFFLEUREMENTS.	
DIFFÉRENTS FACIÈS.	
Série de Tourcoingbam	72
CARACTÈRES GÉNÉRAUX.	
AFFLEUREMENTS.	

Série de l'Oudalan oriental	73
Groupe de Dacola	73
CARACTÈRES GÉNÉRAUX DU GROUPE.	
SITUATION DES AFFLEUREMENTS.	
CLASSIFICATION DES ROCHES VERTES.	
Roches présentant une ancienne texture encore reconnaissable.....	75
CARACTÈRES COMMUNS.	
a) <i>Saussuritisation des plagioclases.</i>	
b) <i>Autres phénomènes.</i>	
NOMENCLATURE.	
I. — ROCHES PRÉSENTANT UNE ANCIENNE TEXTURE GRENUE.....	76
a) <i>Roches acides : diorites quartziques métamorphisées.</i>	
b) <i>Roches neutres :</i>	
1° <i>diorites métamorphisées.</i>	
2° <i>gabbros quartziques métamorphisés.</i>	
c) <i>Roches basiques : gabbros métamorphisés, épidiorite.</i>	
II. — ROCHES PRÉSENTANT UNE ANCIENNE TEXTURE MICROGRENUE.....	78
a) <i>Roches acides : microdiorites quartziques métamorphisées.</i>	
b) <i>Roches neutres : microdiorites métamorphisées.</i>	
c) <i>Roches basiques : microgabbros métamorphisés.</i>	
III. — ROCHES PRÉSENTANT UNE ANCIENNE TEXTURE OPHITIQUE.....	78
a) <i>Dolérites métamorphisées.</i>	
b) <i>Gabbros ophitiques métamorphisés.</i>	
IV. — ROCHES PRÉSENTANT UNE ANCIENNE TEXTURE MICROLITIQUE.....	79
a) <i>Roches acides : dacites métamorphisées.</i>	
b) <i>Roches neutres : andésites métamorphisées.</i>	
c) <i>Roches basiques : basaltes et labradorites métamorphisés.</i>	
V. — BRÈCHES.	
Roches dont l'ancienne texture n'est plus reconnaissable.....	80
I. — ROCHES SANS AMPHIBOLE	80
a) <i>Epidotites.</i>	
b) <i>Quartzites à épidote ou à zoïsité.</i>	
c) <i>Schistes à séricite et à zoïsité.</i>	
d) <i>Chloritoschistes à albite et zoïsité.</i>	
e) <i>Chloritoschistes à épidote.</i>	
II. — ROCHES A ACTINOTE	81
Nomenclature.	
a) <i>Epidotites à actinote.</i>	
b) <i>Amphiboloschistes.</i>	
III. — ROCHES A TRÉMOLITE	82
IV. — ROCHES A HORNBLLENDE VERTE	83
a) <i>Epidotite à hornblende.</i>	
b) <i>Amphibolites à épidote.</i>	
c) <i>Amphibolites.</i>	
d) <i>Amphibolites à biotite.</i>	
e) <i>Amphibolites plagioclasiques.</i>	

V. — ROCHES A AMPHIBOLE ET PYROXÈNE.....	84
a) <i>Amphibolite à reliquats d'augite.</i>	
b) <i>Amphibolo-pyroxénite.</i>	
c) <i>Hornblendites (appinites).</i>	
TECTONIQUE	85
<i>Allure générale de la tectonique birrimienne.</i>	
<i>Inflexions locales.</i>	
<i>Régions orientées NW-SE.</i>	
<i>Tectonique post-birrimienne.</i>	
<i>Tectonique anté-birrimienne.</i>	
<i>Hypothèses concernant les géosynclinaux birrimiens.</i>	
ÉTUDE CHIMICO-MINÉRALOGIQUE	87
Généralités	87
Précision des analyses.....	87
Composition virtuelle.....	88
Présentation des analyses en pourcentages ioniques.....	88
Composition équivalente.....	89
<i>Marche du calcul.</i>	
Composition volumétrique réelle de la roche.....	91
Paramètres A C F.....	92
Schistes argileux et tufacés.....	93
Méthode chimique.....	94
LISTE DES ÉCHANTILLONS ANALYSÉS.....	94
RÉSULTATS DES ANALYSES.....	95
DONNÉES POUR LES CALCULS PÉTROCHIMIQUES.....	96
CALCULS PÉTROCHIMIQUES.....	96
<i>Compositions chimiques types des différents minéraux.</i>	
Etude aux rayons X.....	98
<i>Compositions équivalentaires d'après les minéraux observés.</i>	
Conclusion	101
INTERPRÉTATIONS	102
Généralités.....	102
I. — LE PRINCIPE DES FACIÈS MINÉRAUX.	
II. — LA ZONÉOGRAPHIE.	
Etudes des faciès métamorphiques et zonéographiques des schistes cristallins de Haute-Volta.	103
I. — GROUPE DE RIZIAM.....	103
a) <i>Quartzites.</i>	
b) <i>Schistes micacés et chloriteux.</i>	

c) <i>Shales et schistes tufacés.</i>	
d) <i>Tufs et grauwachés.</i>	
e) <i>Schistes graphiteux.</i>	
f) <i>Schistes manganésifères.</i>	
g) <i>Conclusion.</i>	
II. — SÉRIE DE BAMGA	111
a) <i>Gneiss à hornblende et biotite ;</i>	
b) <i>Gneiss à hornblende et épidote ;</i>	
c) <i>Gneiss à épidote ;</i>	
d) <i>Gneiss à biotite, chlorite et muscovite.</i>	
<i>Conclusion.</i>	
III. — SÉRIES DE TOURCOINGBAM ET DE L'OU DALAN ORIENTAL	114
IV. — GROUPE DE DACOLA.....	114
a) <i>Roches à actinote.</i>	
b) <i>Roches à hornblende verte.</i>	
<i>Conclusion.</i>	
Origine et histoire des roches métamorphiques.....	117
Méthodes employées.....	118
A. — OBSERVATIONS DE TERRAIN.	
B. — OBSERVATIONS FAITES AU MICROSCOPE.	
<i>Texture.</i>	
<i>Composition minéralogique.</i>	
C. — ANALYSE CHIMIQUE	
Groupe de Riziam.....	119
A. — ROCHES PARA-MÉTAMORPHIQUES.	
B. — ROCHES MÉTAMORPHIQUES D'ORIGINE DOUTEUSE.	
C. — ROCHES ORTHO-MÉTAMORPHIQUES.	
CONCLUSION.	
Série de Bamga.....	122
Séries de Tourcoingbam et de l'Oudalan oriental.....	122
Groupe de Dacola	122
ROCHES PRÉSENTANT UNE ANCIENNE TEXTURE ENCORE RECONNAISSABLE.	
ROCHES DONT L'ANCIENNE TEXTURE N'EST PLUS RECONNAISSABLE.	
<i>Roches paramétamorphiques.</i>	
<i>Roches métamorphiques d'origine douteuse.</i>	
CONCLUSION.	
Modifications subies par les roches au cours du métamorphisme.....	124
La saussuritisation des plagioclases.....	125
L'ouralitisation des pyroxènes.....	127
La métagénèse.....	129

Age des formations métamorphiques	133
Ages relatifs des différentes séries.....	133
GROUPES DE RIZIAM ET DE DACOLA.	
SÉRIE DE TOURCOINGBAM.	
SÉRIE DE L'ODALAN ORIENTAL.	
SÉRIE DE BAMGA.	
Comparaison des différentes séries avec les grands systèmes de l'Ouest africain.....	134
GROUPES DE RIZIAM ET DE DACOLA.	
<i>Différences avec le Birrimien type.</i>	
SÉRIE DE TOURCOINGBAM.	
SÉRIE DE L'ODALAN ORIENTAL.	
SÉRIE DE BAMGA.	

LES ROCHES CRISTALLINES

DESCRIPTION	137
Les roches calco-alcalines.....	137
DÉFINITION.	
<i>Au microscope.</i>	
<i>D'après la composition chimique.</i>	
CLASSIFICATION.	
I. Les granites "baoulés"	138
SITUATION DES MASSIFS.	
Caractères généraux.....	140
MODE DE GISEMENT.	
TEXTURE.	
COMPOSITION.	
Différents types de granites.....	141
<i>Granites à biotite.</i>	
<i>Granites manzonitiques orientés à biotite.</i>	
<i>Granites à deux micas.</i>	
<i>Granite à muscovite.</i>	
<i>Granites à biotite et épidote.</i>	
<i>Granites largement grenus à biotite ou biotite et amphibole.</i>	
<i>Granites porphyroïdes.</i>	
Les migmatites.....	143
a) LES MIGMATITES INTRA-BATHOLITIQUES.	
b) LES MIGMATITES PÉRI-BATHOLITIQUES.	
I. — <i>Migmatites de schistes micacés.</i>	
II. — <i>Migmatisation des quartzites.</i>	
III. — <i>Migmatites de roches basiques.</i>	

Les roches endomorphes.....	146
<i>Diorite.</i>	
<i>Diorite quartzique.</i>	
<i>Granodiorites.</i>	
<i>Granites calco-alcalins.</i>	
ENDOMORPHISME ET MIGMATISATION.	
 II. Les granites en massifs circonscrits.....	147
SITUATION DES MASSIFS	
Caractères généraux.....	147
GISEMENT.	
AURÉOLES.	
MIGMATITES.	
HOMOGENÉITÉ.	
a) <i>Homogénéité des massifs.</i>	
b) <i>A l'échelle de l'affleurement.</i>	
TEXTURE.	
STRUCTURE.	
TENDANCE CHIMIQUE	
COMPOSITION MINÉRALOGIQUE.	
Classification	150
Différents types.....	151
LES GRANITES MONZONITIQUES.	
LES GRANITES AKÉRITIQUES.	
LES GRANODIORITES.	
LES DIORITES QUARTZIQUES.	
Endomorphisme des granites en massifs circonscrits.....	153
 III. Les roches microgrenues.....	153
CARACTÈRES GÉNÉRAUX	153
<i>Gisement.</i>	
<i>Aspect macroscopique.</i>	
<i>Texture.</i>	
ETUDES PÉTROGRAPHIQUE	154
<i>Les microgranites monzonitiques.</i>	
<i>Les microgranites akéritiques.</i>	
<i>Les microgranodiorites.</i>	
<i>Les microdiorites quartziques.</i>	
<i>Les microdiorites.</i>	
 Les roches alcalines.....	155
DÉFINITION.....	155
<i>D'après la composition chimique.</i>	
<i>Au microscope.</i>	

CARACTÈRES GÉNÉRAUX	156
<i>Gisement.</i>	
<i>Auréoles.</i>	
<i>Migmatites.</i>	
<i>Homogénéité.</i>	
<i>Texture.</i>	
<i>Structure.</i>	
CLASSIFICATION	158
Les granites alcalins.....	158
GRANITES HYPOCALCIQUES.....	158
<i>Granites à biotite.</i>	
<i>Granite d'Aribinnda.</i>	
<i>Granite à chlorite et biotite.</i>	
<i>Granite à chlorite.</i>	
<i>Granite à deux micas.</i>	
<i>Granite à mica blanc.</i>	
<i>Granites albitisés.</i>	
GRANITES HYPO-ALUMINEUX.....	160
<i>Granites à hornblende verte.</i>	
<i>Granite à ægyrine et riébeckite.</i>	
<i>Granites à augite ægyrinique.</i>	
Les syénites alcalines	161
SYÉNITES HYPOCALCIQUES.	
<i>Albitite.</i>	
SYÉNITES HYPO-ALUMINEUSES.	
<i>Branche orthosique.</i>	
<i>Branche orthosi-albitique.</i>	
<i>Branche albitique.</i>	
Les roches microgrenues alcalines.....	162
MICROGRANITES HYPOCALCIQUES.	
<i>Branche orthosi-albitique.</i>	
<i>Branche albitique.</i>	
Les plagioclasolites.....	163
DÉFINITION.	
<i>D'après l'observation microscopique.</i>	
<i>D'après la composition chimique.</i>	
CARACTÈRES GÉNÉRAUX.	
<i>Absence de métamorphisme régional.</i>	
<i>Conditions de gisement.</i>	
Etude pétrographique.....	164
ROCHES SANS QUARTZ.	
<i>Texture grenue.</i>	
<i>Texture ophitique.</i>	
<i>Texture microgrenue.</i>	

ROCHES QUARTZIFÈRES.

Texture grenue.

Texture ophitique.

Texture microgrenue.

DÉFORMATION DES ROCHES CRISTALLINES 165

a) Orientation des minéraux.....	166
b) Déformation des minéraux.....	166
c) Mylonitisation	166

INTERPRÉTATIONS 167

Relations des Roches cristallines avec les phénomènes tectoniques 167

a) Tectonique de fractures et orogénèse.....	167
b) Granites syntectoniques et granites post-tectoniques.....	167

Âges des roches cristallines..... 168

Age des plagioclasesolites.....	168
Age des granites calco-alcalins en massifs circonscrits	168
Age des roches alcalines.....	169
Age des granites baoulés.....	169
Age des migmatites intra-batholitiques.....	170
Granites antébirrimiens	172

Profondeur de la mise en place..... 172

Comparaison avec les roches cristallines du Ghana..... 172

GÉOLOGIE APPLIQUÉE

LES FILONS 175

Quartz	175
Pegmatite	175
Pegmatite à mica blanc et greisen.....	176
Tourmaline	176

MINÉRALISATION 176

Fer.....	176
----------	-----

AFFLEUREMENTS DE HOKA.

AFFLEUREMENTS DE TIN AIDJAR.

AFFLEUREMENTS DE GOUBA.

ANALYSES DE MINÉRAIS.	
INTÉRÊT ÉCONOMIQUE.	
Manganèse	179
GONDITE ALTÉRÉE.	
SCHISTES MANGANÉSIFÈRES.	
AUTRES INDICES.	
Graphite.....	181
INDICES DE KORSIMOGHO.	
AUTRES INDICES.	
Bauxite	182
Pyrite.....	182
Or	182
Argent	184
Cassitérite	184
Monazite	184
Colombo-tantalite, chromite, xénotime, thorite	184
Cuivre natif, schéelite, galène	185
Nickel et cobalt.....	185
Conclusions	
185	
GANZOURGOU.	
PROVINCE DE BOUSSOUMA.	
SUBSTANCES UTILES DIVERSES	
186	
Argile	186
Granite.....	186
Matériaux de construction	187
Matériaux d'empierrement	187

CONCLUSION

Histoire géologique de la région	189
Principaux éléments nouveaux fournis par cette étude.....	191

ANNEXE

ÉTUDE CHIMICO-MINÉRALOGIQUE

FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES	193
Groupe de Riziam.....	193
Quartzites	193
Tufs	193

Séricitoschistes	193
Calco-chloritoschistes	195
<i>Composition virtuelle</i>	
Micaschistes	198
Série de Bamga	199
Gneiss à épidote, zoïsite, calcite et chlorite	199
Gneiss à biotite, amphibole et grenat	201
Séries de Tourcoingbam et de l'Oudalan oriental	201
Groupe de Dacula	202
Gabbros métamorphisés	202
Labradorites métamorphisées	203
Amphiboloschistes à épidote	205
Schistes à chlorite et amphibole	207
Amphibolites plagioclasiques	210
Hornblendite	214
ROCHES CRISTALLINES	216
Roches calco-alkalines	216
Granites baoulés	216
ROCHES DE HAUTE-VOLTA	216
ROCHES DE PROVENANCES DIVERSES	220
MIGMATITES	224
Granites en massifs circonscrits	226
GRANITES MONZONITIQUES	226
GRANODIORITES	231
GRANITES AKÉRIQUES : <i>roches de Haute-Volta</i>	236
GRANITES AKÉRIQUES : <i>comparaison avec d'autres granites d'Afrique occidentale</i>	243
Roches microgrenues	248
Roches alcalines	249
Granites hypocalciques	249
GRANITES POTASSICO-SODIQUES	249
GRANITES SODIQUES	253
COMPARAISON AVEC D'AUTRES GRANITES HYPOCALCIQUES D'AFRIQUE OCCIDENTALE	259

Granites et syénites hypo-alumineux.....	263
COMPARAISON AVEC D'AUTRES ROCHES HYPO-ALUMINEUSES DE L'OUEST AFRICAIN	270
Plagioclisolites.....	273
 BIBLIOGRAPHIE.....	 285
INDEX ALPHABÉTIQUE DES LIEUX CITÉS.....	293
Glossaire des noms géographiques et géologiques en langue m'ore	301
Errata (Carte géologique au 1/500000, feuille Ouagadougou)	303

SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

GÉOLOGIE DU NIOBIUM ET DU TANTALE

Vu et approuvé,

Le Doyen de la Faculté des Sciences

NANCY, le 19 février 1962

M. ROUBAULT

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Nancy

NANCY, le 22 février 1962

P. IMBS

